

ISSN 2500-0632 (ON-LINE)



MINING SCIENCE AND TECHNOLOGY

TOM
VOL. 5, №4
2020

(RUSSIA)

GORNYE NAUKI I TEKHNologii
ГОРНЫЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»
NATIONAL UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY MISIS

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

- О соотношении природного газа и нефти в связи с прогнозом их запасов в Азербайджане.....** 288
 А. А. Фейзуллаев

ОБОГАЩЕНИЕ, ПЕРЕРАБОТКА МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

- Собиратель для медно-мышьяковистых руд.....** 297
 В. И. Рябой, Е. Д. Шепета

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ

- Совершенствование административных подходов государственного управления недрами Республики Казахстан.....** 307
 Р. Н. Баймишев
- Обоснование внедрения категорийной стратегии закупок на уранодобывающих предприятиях.....** 318
 Б. К. Космуратов

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

- Обоснование параметров буровзрывной проходки горизонтальных горных выработок с подчищающими зарядами взрывчатых веществ в опережающих скважинах вруба.....** 336
 В. И. Ляшенко, О. Е. Хоменко, М. Н. Кононенко
- К концепции шахтного подземного выщелачивания металлов.....** 349
 О. З. Габараев, А. О. Габараева, Н. Т. Дедегкаева, Ж. Болотбеков
- Перспективы разработки Садонских месторождений подземным выщелачиванием.....** 358
 И. Ю. Гарифулина, А. Г. Абдулхалимов, И. А. Засеев, Ю. А. Майстров

ЭНЕРГЕТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

- Анализ энергетических показателей работы горнопроходческих комплексов угольной шахты.....** 367
 А. Б. Садридинов

CONTENTS

ORIGINAL PAPERS

GEOLOGY OF MINERAL DEPOSITS

- About relations between natural gas and oil in connection with forecast of their reserves in Azerbaijan** 288
 A. A. Feizullaev

BENEFICIATION AND PROCESSING OF NATURAL AND TECHNOGENIC RAW MATERIALS

- Collector for copper-arsenic ore flotation**..... 297
 V. I. Ryaboy, E. D. Shepeta

EXPERIENCE OF MINING PROJECT IMPLEMENTATION

- Improvement of administrative approaches to subsoil state management in the Republic of Kazakhstan** 307
 R. N. Baimishev
- Justification of category procurement strategy implementation at uranium mining enterprises**..... 318
 B. K. Kosmuratov

MINERAL RESOURCES EXPLOITATION

- Substantiation of parameters of mine working drivage with blasting technique and cleaning charges in advance cutting holes**..... 336
 V. I. Lyashenko, O. E. Khomenko, M. N. Kononenko
- On the concept of in-situ metal leaching**..... 349
 O. Z. Gabaraev, A. O. Gabaraeva, N. T. Dedegkaeva, Zh. Bolotbekov

POWER ENGINEERING, AUTOMATION, AND ENERGY PERFORMANCE

- Prospects for development of Sadon deposits by in-situ leaching**..... 358
 I. Y. Garifulina, A. H. Abdulkhalimov, I. A. Zaseev, Yu. A. Maystrov

POWER ENGINEERING, AUTOMATION, AND ENERGY PERFORMANCE

- Analysis of energy performance of heading sets of equipment at a coal mine** 367
 A. B. Sadridinov

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-288-296

**О соотношении природного газа и нефти
в связи с прогнозом их запасов в Азербайджане**А. А. Фейзуллаев 

Институт геологии и геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку, Азербайджан

Аннотация: Азербайджан является одной из старейших нефтегазоносных провинций, где за более чем вековой период из недр добыто более 2 млрд т нефти. В настоящее время добыча нефти идет на спад и в основном определяется добычей из морского блока Азери – Чираг – Гюнешли. В сравнении с нефтью перспективы дальнейшего прироста запасов и добычи газа очень высокие. В последние годы в глубоководной части Южного Каспия выявлен ряд крупных газоконденсатных месторождений, таких как Шах-Дениз, Апшерон, Умид. В этой части бассейна имеется ряд еще не разбуренных структур. В связи с этим в статье оценены их перспективы, обоснованы первоочередные поисковые объекты и на основании выполненного статистического анализа количественного соотношения газа и нефти по данным различных бассейнов/стран мира, а также Азербайджана предпринята попытка оценить запасы в них газа. Суммарные извлекаемые запасы нефти в Азербайджане оцениваются в 3,5 млрд т, из которых извлечено чуть более 2 млрд т. Исходя из статистически выявленного соотношения между объемами газа и нефти в различных бассейнах (странах) мира, включая и Азербайджан, прогнозная оценка суммарных запасов газа в Азербайджане составляет около 4 трлн м³. Это в целом согласуется с существующими оценками. Из этого объема газа уже добыто 0,85 трлн м³, а утвержденные перспективные запасы газа оцениваются в 2,55 трлн м³. Почти 83 % газа добыто из морских месторождений. Эта тенденция в будущем не только сохранится, но и будет увеличиваться благодаря введению в разработку крупных газоконденсатных скоплений в глубоководной части бассейна. В этой части бассейна к наиболее перспективным могут быть отнесены структуры Машал, Шафаг и Исафил Гусейнов, суммарные запасы в которых прогнозируются в 0,6 трлн м³ газа.

Ключевые слова: осадочный бассейн, газ, нефть, месторождения, добыча, соотношение, запасы, Азербайджан

Для цитирования: Фейзуллаев А. А. О соотношении природного газа и нефти в связи с прогнозом их запасов в Азербайджане. *Горные науки и технологии*. 2020;5(4):288-296. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-288-296

**About Relations between Natural Gas and Oil
in Connection with Forecast of Their Reserves in Azerbaijan**А. А. Feizullaev 

Institute of Geology and Geophysics of National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

Abstract: Azerbaijan is one of the oldest oil and gas provinces, where more than 2 bln tons of oil have been extracted over more than a century. At present, the oil production is declining and mainly determined by production from the Azeri-Chirag-Guneshli offshore block (AChG). Compared to oil, the opportunities for further growing natural gas reserves and production are very promising. For the latest years, a number of large gas condensate fields have been discovered in the deep-water part of South Caspian Sea, such as Shakh-Deniz, Apsheron, Umid. There are a number of prospects that have not yet been drilled in this part of the sea basin. The paper assesses their prospectivity, substantiates the priority exploration targets and, on the basis of the statistical analysis of the quantitative gas/oil ratio data for many other Azerbaijanian and world basins, an attempt is made to assess the reserves in the prospects. The total recoverable oil reserves in Azerbaijan are estimated at 3.5 bln tons, of which slightly above 2 bln tons have already been extracted. Based on the statistically estimated ratio between the volumes of gas and oil in various basins of the world, including Azerbaijan, the total possible natural gas reserves in Azerbaijan are estimated at about 4 trillion m³. This is in agreement with the other available estimates. Of this volume of natural gas, 0.85 trillion m³ has already been extracted, and the approved geological reserves are estimated at 2.55 trillion m³. Almost 83% of the extracted natural gas belonged to offshore fields. This trend will continue in the future, and, moreover, will be strengthened due to large volumes of gas condensate accumulations in the deep-water part of the basin. In this part of the basin, the most attractive prospects are Mashal, Shafag, and Israfil Huseynov, total reserves of which are expected at 0.6 trillion m³ of natural gas.



Keywords: sedimentary basin, gas, oil, fields, extraction, ratio, reserves, Azerbaijan

For citation: Feizullaev A. A. About relations between natural gas and oil in connection with forecast of their reserves in Azerbaijan. *Gornye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2020;5(4):288-296. (In Russ.) DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-288-296

Введение

Южно-Каспийско-Куринской бассейн Азербайджана, расположенный в пределах альпийско-гималайского тектонического пояса, является типичным межгорным бассейном. Современное строение этого бассейна контролируется продолжающимся столкновением Аравийской и Европейской (Русской) плит.

Проведенные в последнее время геолого-геофизические исследования выявили на северной границе С (ЮКБ) особенности, характерные для субдукционных режимов [1]. Основным структурным элементом этой зоны является Апшерон-Прибалханская зона поднятий, расположенная непосредственно над фронтальной частью зоны субдукции. Выпол-

ненные исследования показали, что здесь существовали наиболее благоприятные условия для генерации и миграции углеводородов (УВ) [2]. К этой субширотной полосе приурочены наиболее крупные нефтегазовые скопления суши и моря ЮКБ (Апшеронский п-ов и Апшеронский архипелаг), из которых извлечено более 1,5 млрд т нефти (около 75 % всей добытой в Азербайджане нефти) (рис. 1).

На ранних этапах поисково-разведочных работ в ЮКБ, проводившихся в его континентальной части, обнаруживались преимущественно нефтяные месторождения, поэтому Азербайджан относили к нефтяной провинции. Это было связано как с объективными, так и субъективными причинами.

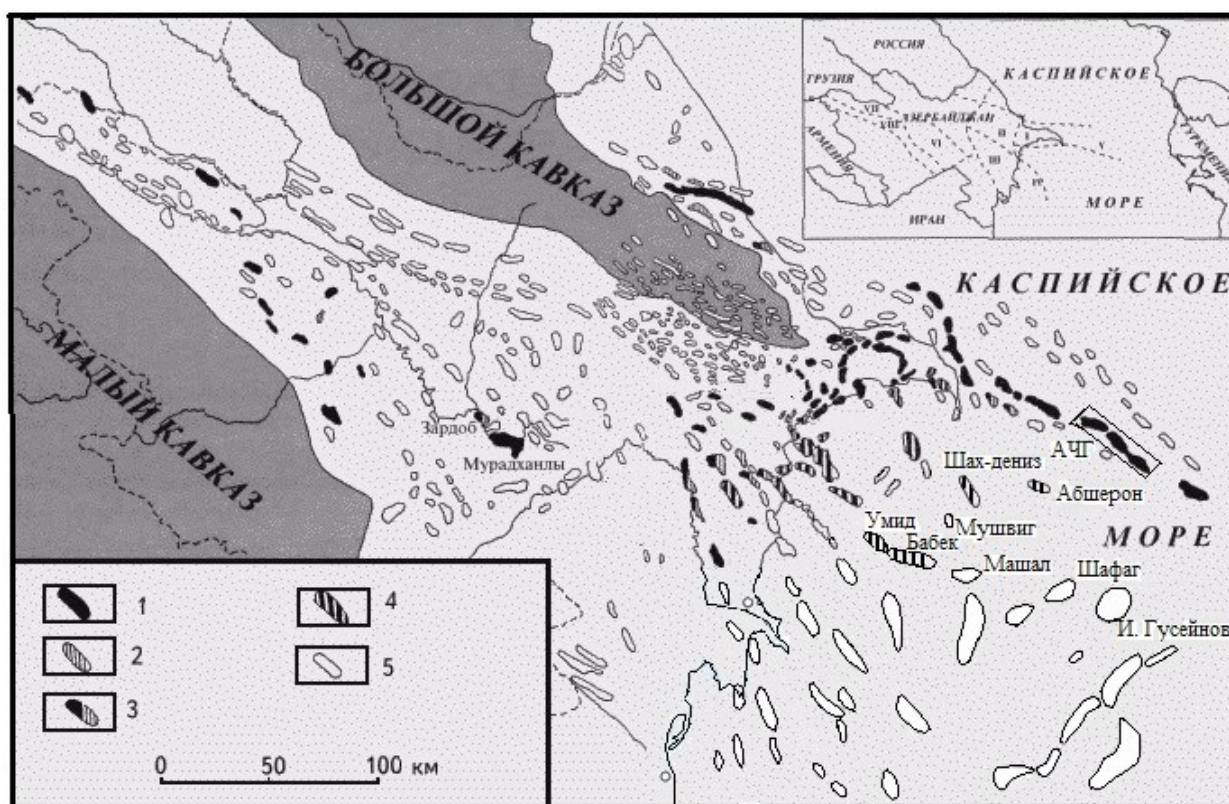


Рис. 1. Карта нефтегазоносности Азербайджана:

1–4 – углеводородные месторождения; 1 – нефтяные; 2 – газовые; 3 – газонефтяные; 4 – газоконденсатные; 5 – перспективные структуры

Объективная причина включает три основных фактора: 1) существование вертикальной зональности нефте- и газообразования; 2) фазовое перераспределение углеводородов в разрезе, обусловленное процессами субвертикально-латеральной их миграции; 3) неблагоприятные условия сохранения и значительные потери газовой составляющей УВ в неглубоко залегающих месторождениях, подверженных интенсивному процессу дегазации. Именно этим объясняется отсутствие месторождений газов верхней диагенетической зоны газообразования, что характерно практически для всех осадочных бассейнов, расположенных в мобильных тектонических поясах. В этом поясе утеряно более 90 % этих газов. Промышленные скопления биохимического метана известны лишь в Италии (в турбидидных осадках бассейна р. По) и в Западной Сибири, где эти газы сохранились благодаря слою вечной мерзлоты, играющему роль флюидоупора.

Субъективная причина связана с отсутствием на начальном этапе разведочных работ данных о нефтегазоносности недр и фазовом состоянии УВ в глубоководной части бассейна.

Однако результаты дальнейших поисково-разведочных работ, а также широкое внедрение современных геолого-геохимических исследований органического вещества (ОВ), нефтей и газов послужили основанием для смены представлений о фазовом соотношении УВ-ресурсов в ЮКБ. Этому способствовало:

- обнаружение в глубоководной части ЮКБ ряда новых крупных газоконденсатных месторождений, таких как Шах-Дениз, Апшерон, Умид, с запасами от нескольких сотен миллиардов до более триллиона кубометров;

- выявление особенностей качественной характеристики ОВ материнских олигоцен-миоценовых пород, способных генерировать наряду с жидкими и значительные объемы (около 70 %) газообразных УВ;

- широкое развитие в ЮКБ грязевых вулканов, которые непрерывно выносят на поверхность значительные объемы газов как в

периоды грифонно-сальзовой деятельности, так и в периоды их пароксизма.

К настоящему времени Азербайджан из поставщика нефти превратился в крупного поставщика на зарубежные рынки природного газа. Пик добычи нефти в Азербайджане был зафиксирован по итогам 2010 г. в объеме 51 млн т, а в настоящее время наблюдается естественное падение объемов нефтедобычи. Дальнейший прирост запасов УВ связывается с открытием преимущественно газоконденсатных месторождений в центральной, глубоководной части бассейна [3]. В связи с этим прогноз запасов газа в ЮКБ представляет исключительный интерес.

О методологии исследований

На сегодняшний день в мире существует огромное количество классификаций запасов и ресурсов нефти и газа. Фактически в каждой нефтедобывающей стране существует собственная классификация, но есть и общепризнанные мировые классификации и методы подсчета запасов нефти и газа, которые используются во многих странах [4].

В зависимости от геологической изученности и наличия необходимых данных применяют различные подходы и методы подсчета ресурсов и запасов УВ:

Метод аналогий. В его основе лежит предположение о сопоставимости рассматриваемого пласта с пластом-аналогом в отношении коллекторских свойств пород и свойств флюида, влияющих на определение величины конечных извлекаемых запасов.

Объемный метод. Основан на использовании данных о коллекторских свойствах пород и свойствах флюида для расчета объемов начальных геологических запасов и последующего определения той их части, которая может быть добыта в результате реализации конкретного проекта разработки. Этот метод используется на ранних этапах разведки.

Метод материального баланса. Он основан на анализе динамики изменения давления в пласте по мере отбора из него флюида.

Этот метод применяется на промежуточных стадиях разведки.

Метод анализа эксплуатационных показателей. Основан он на анализе изменения темпов отбора и фазового состава добываемой продукции в зависимости от времени и величины накопленной добычи по мере истощения залежи. Метод применяется в конце срока эксплуатации месторождения, когда большая часть нефти и газа уже добыта, а дебит месторождения находится на спаде.

Из вышеперечисленных методов чаще всего применяют объемный метод подсчета запасов.

В данном исследовании дается оценка прогнозных извлекаемых запасов газа в Азербайджане на основании статистического анализа соотношения доказанных запасов и добычи газа и нефти по 30 странам мира. Кроме того, используются результаты статистического анализа данных о первичных значениях газового фактора в месторождениях Азербайджана (газовый фактор (ГФ) – соотношение добытых объемов газа и нефти) по 54 месторождениям суши и моря (всего 754 данных).

Хотя этот статистический метод не может претендовать на универсальность, но в условиях Азербайджана вполне может быть применен. Это связано с тем, что величина одного из параметров (запасы нефти) достаточно обоснована и прогнозируема в сравнении с другим параметром (запасы газа). В перспективе нет убедительных предпосылок для открытия новых промышленных скоплений нефти и дальнейшие перспективы прироста запасов УВ в Азербайджане свя-

заны с открытием исключительно газовых (газо-конденсатных) месторождений в глубоководной части ЮКБ.

Результаты исследований

Существующие оценки извлекаемых запасов нефти в ЮКБ

Первая в мире скважина глубиной 21 м была пробурена для целей нефтедобычи в 1846 г. на площади Бибиэйбат близ Баку, а в 2017 г. суммарная добыча нефти в Азербайджане преодолела рубеж в 2 млрд т. Причем если на добычу первого миллиарда (1971 г.) понадобилось чуть более века, то для второго миллиарда лишь 46 лет.

Существующие оценки извлекаемых запасов нефти в Азербайджане приведены в табл. 1.

Как следует из данных таблицы, суммарные извлекаемые запасы нефти в Азербайджане оцениваются в пределах 3–4 млрд т. Однако при определении наиболее объективной величины суммарных запасов нефти необходимо принять во внимание ряд фактов. Во-первых, за более чем вековой период эксплуатации из более чем 70 месторождений добыто чуть более 2 млрд т; во-вторых, в настоящее время практически все нефтяные месторождения находятся на поздней стадии разработки и сильно истощены, за исключением мегаблока Азери – Чираг – Гюнешли (АЧГ), где запасы нефти прогнозируются в пределах 511 и 923 млн т [9]. Учитывая, что этот блок дает 91–93 % нефти республики [9, 10], прогнозные, еще не вскрытые запасы нефти/конденсата в Азербайджане в целом могут быть приняты около 1,5 млрд т.

Таблица 1

Существующие оценки запасов нефти в Азербайджане

Извлекаемые запасы нефти, млрд т	Источник
4,1	[5]
4,05	[6]
4,04	[7]
3	[8]
$2 + 1,2^* = 3,2^{**}$	[9]

*Из расчета запасов нефти на АЧГ

**Рассчитано автором (добыто + прогнозируемые запасы)

Согласно сообщению первого вице-президент госнефтекомпании Азербайджана (SOCAR) Хошбахта Юсифзаде в Азербайджане уточненные извлекаемые запасы нефти и конденсата оцениваются в 1,5 млрд т [11], а с учетом уже добытых 2 млрд т нефти/конденсата суммарные запасы составляют 3,5 млрд т.

Таким образом, объем извлекаемых запасов нефти в Азербайджане в 3,5 млрд т можно принять как наиболее объективный.

О соотношении объемов газа и нефти

Анализ данных по различным бассейнам (странам) мира. На рис. 2 приводится гистограмма распределения значений отношения *доказанных запасов газа к нефти* по 30 странам мира, составленная по данным ВР [12] (без учета стран с крупными газовыми ресурсами).

Согласно приведенной гистограммы в чуть более чем 60 % случаев значения этого

отношения не превышают 2 трлн м³ газа на млрд т нефти, а среднее значение – около 1,2 трлн м³ газа на 1 млрд т нефти.

Результаты анализа отношения *добытого газа к нефти*, рассчитанного по данным 2016 г. по 35 странам мира [13], отражены на рис. 3, где приведена гистограмма распределения значений этого отношения. Среднее значение этого параметра составляет 1,1 млрд м³/млн т (1,1 трлн м³/млрд т).

Анализ данных по ГФ месторождений ЮКБ. Обобщение и анализ данных о ГФ месторождений Азербайджана, основанный на большом статистически значимом объеме данных, показал изменение его значений в пределах 2,5–80 000,0 м³/т (среднее значение – 1457 м³/т). Гистограмма распределения значений ГФ приводится на рис. 4.

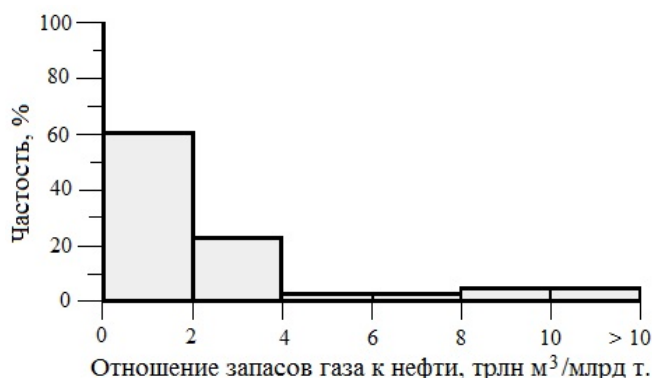


Рис. 2. Гистограмма распределения значений отношения доказанных запасов газа к нефти (по данным 2014 г. [12]) в различных странах мира

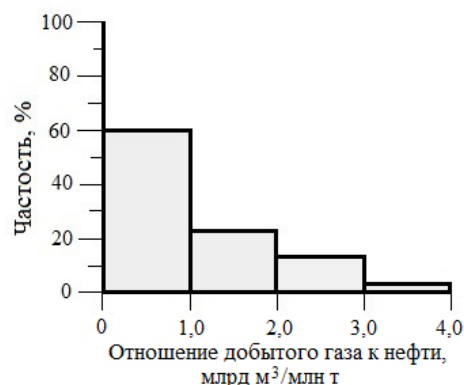


Рис. 3. Гистограмма распределения отношения добытого (в 2016 г.) газа к нефти в различных странах мира

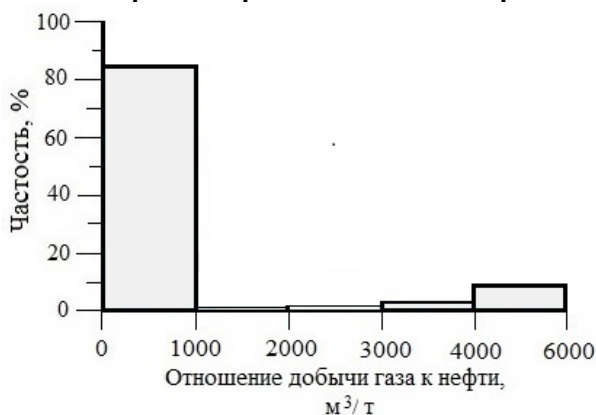


Рис. 4. Гистограмма распределения значений ГФ по месторождениям Азербайджана

Выявленный интервал изменения значений ГФ характерен как для нефтяных и нефтегазовых, так и газоконденсатных месторождений [14–16]. В связи с этим ГФ может служить критерием оценки фазового состояния скопленных УВ в недрах и закономерностей изменения его в пространстве.

В ЮКБ значения ГФ увеличиваются от его бортовых частей в сторону глубоководной части (рис. 5). Это хорошо согласуется с изменением в этом направлении фазового состояния УВ, проявляющимся последовательной сменой нефтяных месторождений нефтегазовыми и газоконденсатными.

Высокая газонасыщенность жидких УВ в морской части бассейна формирует относительно более низкую их плотность (менее 880 кг/м^3) в сравнении с месторождениями суши (рис. 6).

По результатам поисково-разведочных работ центральная глубоководная часть бассейна является исключительно газоносной с содержанием конденсата. В существующих в этой части бассейна термобарических условиях, кроме конденсата могут быть обнаружены также легкие, так называемые «летучие» нефти.

Расчет прогнозных запасов газа в Азербайджане. Все расчеты прогнозных запасов газа в ЮКБ, основанные на соотношении газа и нефти (доказанных запасов и добытых объемов газа и нефти в различных странах мира, а также ГФ по месторождениям ЮКБ), проводились исходя из принятой величины суммарных извлекаемых запасов нефти в Азербайджане, равной 3,5 млрд т.

Приняв во внимание среднюю величину соотношения доказанных запасов газа к нефти, рассчитанной по данным 30 стран, прогнозные запасы газа в Азербайджане составят: $3,5 \text{ млрд т нефти} \times 1,2 \text{ трлн м}^3/\text{млрд т} = 4,2 \text{ трлн м}^3$. Графически это отражено на рис. 7.

С учетом среднего значения отношения добытого в 2016 г. газа к нефти ($1,1 \text{ трлн м}^3/\text{млрд т}$), рассчитанного по данным 35 стран мира, прогнозные запасы газа в Азербайджане могут составить $3,5 \text{ млрд т нефти} \times 1,1 \text{ трлн м}^3/\text{млрд т} = 3,9 \text{ трлн м}^3$.

Величина прогнозных запасов газа, рассчитанных с учетом среднего значения ГФ $1082 \text{ м}^3/\text{т}$, рассчитанного по 54 месторождениям Азербайджана, будет составлять $3,5 \times 1082 = 3,8 \text{ трлн м}^3$.

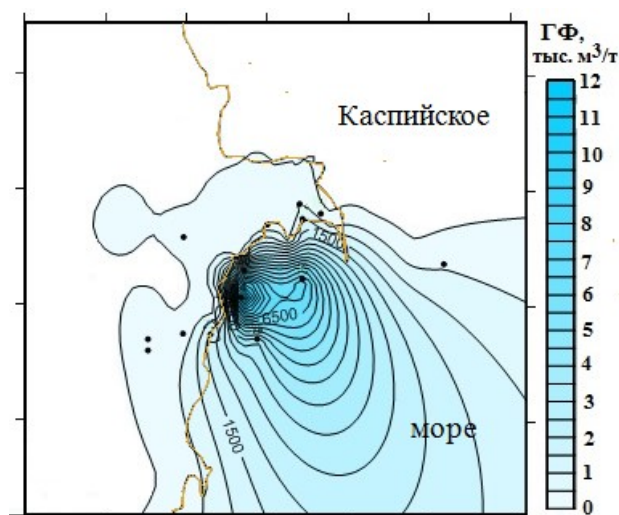


Рис. 5. Распределение средних значений ГФ в продуктивной толще (продуктивная толща (ПТ) – нижний плиоцен) по площади (для исключения влияния условий сохранности на величину средних значений были использованы данные для глубины ниже 2 км)

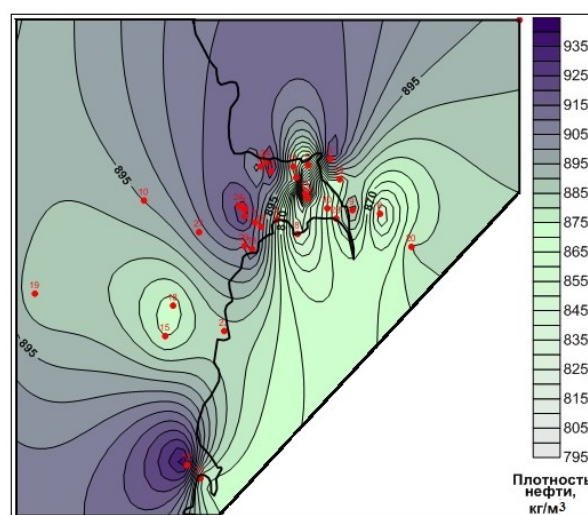


Рис. 6. Региональные закономерности изменения плотности жидких УВ в ЮКБ

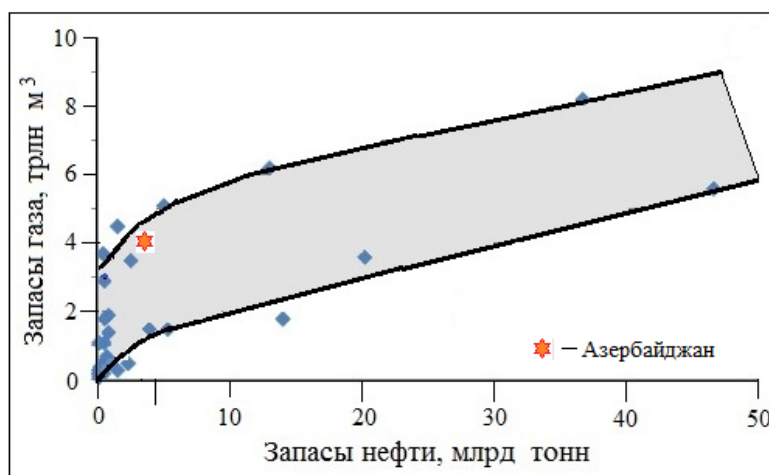


Рис. 7. График зависимости между доказанными запасами газа и нефти в различных странах мира и прогнозная оценка для Азербайджана

Таким образом, суммарные извлекаемые запасы газа в Азербайджане, рассчитанные по трем различным показателям отношения газа к нефти, можно принять в объеме около 4 трлн м³, включая уже извлеченные 0,85 трлн м³ газа [17].

Согласно существующим официальным оценкам в Азербайджане прогнозируемые еще не извлеченные запасы газа оцениваются в 2,55 трлн м³ [11, 6], которые в основном связаны с такими уже выявленными месторождениями, как Шах-Дениз, Умид, Апшерон, блоком АГЧ и перспективной структурой Бабек. Доказанные запасы газа по этим месторождениям составляют соответственно 1,2; 0,2; 0,35; 0,35 и 0,4 трлн м³ (в сумме 2,5 трлн м³) [10].

Таким образом, указанная официальная оценка не учитывает перспективы обнаружения новых газоконденсатных скоплений в глубоководной части ЮКБ. Объем неучтенных прогнозных запасов газов, согласно нашим расчетам, может составлять около 0,6 трлн м³: 4 трлн м³ (расчетные суммарные запасы) – 0,85 трлн м³ (уже извлеченный объем) – 2,55 трлн м³ (утвержденные доказанные запасы газа) = **0,6 трлн м³**.

Такой объем газа в зависимости от размера структуры может соответствовать запасу газа примерно двух-трех перспективных структур. Исходя из современной тектоно-геофизиче-

ской модели нефтегазоносности Южного Каспия [2], такими структурами, наиболее вероятно, могут быть структуры Мушви́г, Машал, Шафаг и Исрафил Гусейнов (см. рис. 1). Однако следует отметить, что хотя структура Мушви́г и является наиболее перспективной, она из-за малых своих размеров, скорее всего, может быть классифицирована как нерентабельная.

Заключение

Суммарные извлекаемые запасы нефти в Азербайджане оцениваются в 3,5 млрд т, из которых извлечено чуть более 2 млрд т. Исходя из статистически выявленного соотношения между объемами газа и нефти в различных бассейнах (странах) мира, включая и Азербайджан, прогнозная оценка суммарных запасов газа в Азербайджане составляет около 4 трлн м³. Это в целом согласуется с существующими оценками. Из этого объема газа уже добыто 0,85 трлн м³, а утвержденные перспективные запасы газа оцениваются в 2,55 трлн м³.

Почти 83 % газа добыто из морских месторождений. Эта тенденция в будущем не только сохранится, но и будет увеличиваться благодаря введению в разработку крупных газоконденсатных скоплений в глубоководной части бассейна. В этой части бассейна к наиболее перспективным могут быть отнесены структуры Машал, Шафаг и Исрафил Гусейнов, суммарные запасы в которых прогнозируются в 0,6 трлн м³ газа.

Библиографический список

1. Kadirov F., Floyd M., Alizadeh A., Guliev I., Reilinger R., Kuleli S., King R., Nafi Toksoz M. Kinematics of the eastern Caucasus near Baku, Azerbaijan. *Nat. Hazards*. 2012;(3):1-10.
2. Feyzullayev A. A., Kadirov F. A., Kadyrov A. G. Tectono-Geophysical Model of the Southern Caspian in the Context of the Presence of Oil and Gas. *Physics of the Solid Earth*. 2016;52(6):913-923.
3. Feyzullayev A. A. Generation and phase state of hydrocarbons at great depths. In: *1st International Conference "Ultra deep hydrocarbon potential: future energy resources – reality and prediction"*. June, Baku, Azerbaijan. 2012. P. 32-34.
4. Rasheed R., Kulkarni A. Reserve Estimation Using Volumetric Method. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2016;3(10):1225-1229.
5. Сколько нефти и газа на Каспии? *Biznesinfo.az*. URL: <http://www.biznesinfo.org/observer/dossier/params/ln/ru/article/94442/>
6. Объявлен объем нефтегазовых запасов Азербайджана. *Gazeta Respublika = Newspaper Respublika*. URL: http://www.vesti.az/ekonomika/ob_yavlen-ob_em-neftegazovykh-zapasov-azerbajdzhana-351182
7. Гусейнов Е. Запасы нефти в Азербайджане составляют 15 миллиардов баррелей. URL: <http://www.day.az/news/economy/95649.html>
8. Дикарев А. Стратегия освоения энергетических ресурсов шельфа Мирового океана. *Politiya = Politiya*. 2010;(1):60-73.
9. Тюрин А. Состояние работ на нефть и газ в Азербайджанском секторе Каспия. URL: <http://www.kavkazoved.info/news/2015/03/25/>
10. Israfilbayova S. Azerbaijan reduces oil, natural gas production. *AZERNEWS*. 23 January 2018. URL: https://www.azernews.az/oil_and_gas/125939.html
11. Госнефтекомпания Азербайджана обнародовала запасы нефти и газа в стране. *Praym = Prime*. URL: <https://news.rambler.ru/business/38820646>
12. *BP Statistical Review of World Energy*. June 2014. 45 p.
13. *BP Statistical Review of World Energy*. June 2017. 66th edition. 49 p.
14. Шурупов С. В., Белоусова А. С. Оценка ресурса попутного нефтяного газа при добыче нефти в России. *Газохимия*. 2010. Январь-февраль. P. 70–74.
15. Kaiser M. J. and Yunke Yu. Gulf Coast economic limits-1: Economic limits estimated for US Gulf Coastal fields. *Oil and Gas Journal*. 2010;108(20):47–54.
16. Maclay D. M., Shepard N. K., Zeringue B. A. *Estimated Oil and Gas Reserves Gulf of Mexico*. OCS Report BOEM 2013-01160. U.S. Department of the Interior Bureau of Ocean Energy Management Gulf of Mexico OCS Region. New Orleans; July 2013. 23 p.
17. *Illik hesabat. SOCAR*. Baku, Azerbaijan; 2017. 200 p.

References

1. Kadirov F., Floyd M., Alizadeh A., Guliev I., Reilinger R., Kuleli S., King R., Nafi Toksoz M. Kinematics of the eastern Caucasus near Baku, Azerbaijan. *Nat. Hazards*. 2012;(3):1-10.
2. Feyzullayev A. A., Kadirov F. A., Kadyrov A. G. Tectono-Geophysical Model of the Southern Caspian in the Context of the Presence of Oil and Gas. *Physics of the Solid Earth*. 2016;52(6):913-923.
3. Feyzullayev A. A. Generation and phase state of hydrocarbons at great depths. In: *1st International Conference "Ultra deep hydrocarbon potential: future energy resources – reality and prediction"*. June, Baku, Azerbaijan. 2012. P. 32-34.
4. Rasheed R., Kulkarni A. Reserve Estimation Using Volumetric Method. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2016;3(10):1225-1229.
5. How much oil and gas in the Caspian? *Biznesinfo.az*. URL: <http://www.biznesinfo.org/observer/dossier/params/ln/ru/article/94442/> (In Russ.)
6. The volume of oil and gas reserves of Azerbaijan has been announced. *Gazeta Respublika = Newspaper Respublika*. URL: http://www.vesti.az/ekonomika/ob_yavlen-ob_em-neftegazovykh-zapasov-azerbajdzhana-351182 (In Russ.)
7. Guseynov E. *Oil reserves in Azerbaijan amount to 15 bln barrels*. 2007. URL: <http://www.day.az/news/economy/95649.html> [In Russ.]
8. Dikarev A. Strategy of Continental Shelf Energy Resources Development. *Politiya*. 2010;(1):60-73. (In Russ.)
9. Tyurin A. Status of oil and gas exploration in the Azerbaijani sector of Caspian Sea. URL: <http://www.kavkazoved.info/news/2015/03/25/> (In Russ.)

10. Israfilbayova S. Azerbaijan reduces oil, natural gas production. *AZERNEWS*. 23 January 2018. URL: https://www.azernews.az/oil_and_gas/125939.html.
11. State Oil Company of Azerbaijan disclosed oil and gas reserves in the country. *Praym = Prime*. URL: <https://news.rambler.ru/business/38820646> (In Russ.)
12. *BP Statistical Review of World Energy*. June 2014. 45 p.
13. *BP Statistical Review of World Energy*. June 2017. 66th edition. 49 p.
14. Shurupov S. V., Belousova A. S. Estimation of associated petroleum gas resources in oil production in Russia. *Gazokhimiya = Gasgeochemistry*. 2010. P. 70–74. (In Russ.)
15. Kaiser M. J. and Yunke Yu. Gulf Coast economic limits-1: Economic limits estimated for US Gulf Coastal fields. *Oil and Gas Journal*. 2010;108(20):47–54.
16. Maclay D. M., Shepard N. K., Zeringue B. A. *Estimated Oil and Gas Reserves Gulf of Mexico*. OCS Report BOEM 2013-01160. U.S. Department of the Interior Bureau of Ocean Energy Management Gulf of Mexico OCS Region. New Orleans; July 2013. 23 p.
17. *Illik hesabat. SOCAR*. Baku, Azerbaijan; 2017. 200 p.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-297-306

Собиратель для медно-мышьяковистых руд**В. И. Рябой¹, Е. Д. Шепета²**¹ООО «Механобр-ОР», г. Санкт-Петербург, Россия²Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН), г. Хабаровск, Россия

Аннотация: Из скарновой шеелит-сульфидной руды месторождения Восток-2 на Приморской обогатительной фабрике выделяют медный и шеелитовый концентраты. В медный концентрат извлекаются халькопирит, золото, серебро и вредные примеси арсенопирит, пирротин. В качестве собирателя используют реагент диалкилдитиофосфатного типа ИМА-И413п. Селекцию коллективного сульфидного концентрата осуществляют с применением активированного угля и тринатрийфосфата, медные перечистки проводят в среде железного купороса. Товарный медный концентрат содержит 16 % меди, 33 г/т золота и 280 г/т серебра. Извлечение металлов составляет соответственно 67,6, 44,7 и 50,1 %. Массовая доля мышьяка в руде колеблется в интервале 0,04–0,25 %, в концентрате 0,7–2,3 %. Для предприятия является актуальным повышение извлечения ценных металлов и снижение содержания мышьяка в медном концентрате менее 1 % за счет усиления контрастности разделения халькопирита и сульфидов железа арсенопирита, пирротина. В целях решения указанных задач были изучены флотационные свойства сульфидных собирателей на основе диалкилдитиофосфатов БТФ-15221, БТФ-271, неионогенного собирателя Реафлот-277 и комбинации Реафлот-277 и ИМА-И413п. Применение собирателя БТФ-15221 по сравнению со стандартным реагентом ИМА-И413п позволяет повысить извлечение меди, золота и серебра и снизить содержание мышьяка в медном концентрате. Более высокую селективность действия БТФ-15221 по сравнению с ИМА-И413п подтверждает факт, что основной прирост извлечения меди и снижение массовой доли мышьяка в медном концентрате получен в селективном цикле. В работе выполнена оценка поверхностной активности и гидрофобизирующей способности водорастворимых собирателей. На примере БТФ-15221 показано, что улучшение собирательных свойств реагентов может быть достигнуто не только при повышении поверхностной активности реагента, но и ее снижении при достаточно заметной гидрофобизирующей способности реагента, близкой к стандартному реагенту. Регулированием этих параметров за счет использования низко- и более высокомолекулярных гомологов основных компонентов можно повысить или понизить селективность и собирательную способность реагента. Собиратель БТФ-15221 представляет практический интерес для дальнейших испытаний на медно-мышьяковистых и других типах руд.

Ключевые слова: медно-мышьяковистые руды, гидрофобизирующая способность водорастворимых собирателей, поверхностная активность, флотация

Для цитирования: Рябой В. И., Шепета Е. Д. Собиратель для медно-мышьяковистых руд. *Горные науки и технологии*. 2020;5(4):297-306. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-297-306

Collector for Copper-Arsenic Ore Flotation**V. I. Ryaboy¹, E. D. Shepeta²**¹LLC "Mechanobr-OR", St. Petersburg, Russia²Institution of Science of the Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (KhFRTs FEB RAS), Khabarovsk, Russia

Abstract: Copper and scheelite concentrates are produced from scheelite-sulfide ores of the Vostok-2 deposit at the Primorsky processing plant. Chalcopyrite, gold, silver, and harmful impurities (arsenopyrite, pyrrhotite) are extracted into the copper concentrate. As a collector, dialkyldithiophosphate-type IMA-I413p reagent is used. Bulk sulfide concentrate is produced using activated carbon and trisodium phosphate; copper cleaner flotation is carried out in the medium of ferrous sulfate. The commercial copper concentrate contains 16 % copper, 33 g/t gold, and 280 g/t silver. The recovery of the metals is 67.6, 44.7, and 50.1 %, respectively. The weight fraction of arsenic in the ore fluctuates in the range of 0.04–0.25%, and that in the concentrate, 0.7–2.3 %. The enterprise looks for ways to increase recovery of the valuable metals and decrease content of arsenic in the copper concentrate to below 1% at the expense of increasing contrast in the separation of chalcopyrite from iron sulfides/arsenopyrite/pyrrhotite.

For solving this problem, we performed a study of flotation properties of sulfide collectors based on dialkyldithiophosphates: BTF-15221, BTF -271, non-ionic collector Reaflot-277, and combinations of Reaflot-277 and IMA-I413p. Applying BTF-15221 collector allowed, as compared to the standard IMA-I413p reagent, to increase recovery of copper, gold, and silver and reduce arsenic content in the copper concentrate. The higher selectivity of BTF-15221 as compared to IMA-I413p was confirmed by the fact that the bulk of the increase in copper recovery and decrease in the weight fraction of arsenic in the copper concentrate was achieved in the selective cycle. Besides, during the study, surface activity and hydrophobizing ability of the water-soluble collectors were assessed. Using the example of BTF-15221, it was shown that improvement of the reagent collecting properties can be achieved not only due to increasing the surface activity of the reagent, but also at its decrease – in case of sufficient hydrophobizing ability of the reagent, close to that of the standard reagent. By adjusting these parameters through the use of low-molecular weight homologues of the main components, it is feasible to increase or decrease the selectivity and collecting ability of the reagent. Collector BTF-15221 is of practical interest for further testing in flotation of copper-arsenic and other ore types.

Keywords: copper-arsenic ores, dialkyldithiophosphate collector, hydrophobizing ability of water-soluble collectors, surface activity, flotation

For citation: Ryaboy V. I., Shepeta E. D. Collector for copper-arsenic ore flotation. *Gornye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2020;5(4):297-306. (In Russ.) DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-297-306

Введение

Скарновая шеелит-сульфидная руда месторождения Восток-2 относится к комплексным рудам. Наряду с основным шеелитовым концентратом на Приморской обогатительной фабрике (ПОФ) выделяется медный концентрат, в котором концентрируются медь и благородные металлы: золото и серебро. В настоящее время при обогащении руд, перерабатываемых на ПОФ, актуальным остается повышение извлечения ценных минералов за счет усиления контрастности разделения сульфидных минералов в коллективном цикле–и депрессии арсенопирита в цикле селекции. Вследствие чего увеличивается доля выпуска кондиционного медного концентрата с массовой долей Cu – 16 %, As ≤ 1,0 %.

Решение этих задач в первую очередь можно осуществить подбором как известных, так и созданием новых более эффективных реагентов на основе существующей теории и практики применения реагентов, представленных в работах [1–5, 6–13] и других изданиях.

Приведем основные показатели работы ПОФ за 2020 год: массовая доля в руде: Cu – 0,21 %, Au – 0,59 г/т, Ag – 3,7 г/т, в медном концентрате – соответственно 16,3 %, 33,0 г/т, 280 г/т, извлечение – 67,6, 44,7, 50,1 %. Средняя массовая доля мышьяка в рудах текущей

переработки составляет 0,10 %, пределы колебаний 0,04–0,25 %, в медном концентрате – соответственно 0,70–2,32 %.

Для тестирования собирательных свойств новой группы реагентов отобрана шеелит-халькопирит-пирротиновая руда с массовой долей основных компонентов: WO₃ – 0,65 %, Cu – 0,22 %, Au – 1,6 г/т, Ag – 1,16 г/т, As – 0,007 %, S – 4,9 %.

Ранее, авторами статьи при подборе собирателей для медно-мышьяковистых руд из класса водорастворимых соединений на основе диалкилдитиофосфатов была использована концепция влияния поверхностной активности и гидрофобизирующей способности реагента на флотационные свойства [14, 17], которая позже была применена для создания собирателя при флотации серебрясодержащих руд [17]. Данное исследование является продолжением развития этого направления при использовании новых водорастворимых собирателей на основе диалкилдитиофосфатов. Кроме того, были получены высокие показатели извлечения меди при близком качестве концентратов по содержанию мышьяка с использованием композиции водорастворимых реагентов на основе диалкилдитиофосфатов и реагентов с тиамидными группами [15].

Это обусловило выбор группы собирателей для новых исследований: БТФ-15221, показавший по данным ООО «Механобр-ОР» и «Квадрат плюс» положительные результаты при флотации ряда медных и золотых руд, БТФ-271, являющийся аналогом применяемого ИМА-И413, и в качестве неионогенного собирателя – Реафлот-277, включающий в свой состав образец 179, испытанный ранее с положительным результатом.

Материалы и методы исследования

Методика определения гидрофобизирующей способности водорастворимых собирателей. Определение гидрофобизирующей способности (г.с.) водорастворимых собирателей выполнено по уточненной методике по сравнению с ранее приведенной в работе [17].

Исходные концентрации растворов: 2 %-ный водный раствор диалкилдитиофосфатного собирателя со значением рН раствора 10,5, которое контролировалось рН-метром, 0,2 н (нормальный) раствор сульфата цинка, 0,1 н раствор едкого натра, 0,1 н раствор трилона Б и аммиачный буферный раствор.

Методика определения: к 10 мл водного раствора собирателя приливали 10 мл раствора сульфата цинка, при этом образуется диалкилдитиофосфат цинка, который выпадает в виде осадка или мазеобразного продукта, добавляли 3 г хлористого натрия (активность 100 %), размешивали стеклянной палочкой до растворения соли. Суспензию отстаивали

1–2 ч. После этого ее фильтровали через бумажный складчатый фильтр (синяя лента). Отбирали ½ часть раствора, добавляли 5 мл аммиачного буферного раствора и титровали раствором трилона Б в присутствии индикатора эриохром черного до перехода розовой окраски в синюю. Расчет г.с. производился по формуле, приведенной в работе [17].

Лабораторные исследования на руде и фабричных продуктах. Оценка флотационных свойств собирателей выполнена на пробах фабричного питания сульфидной флотации и на руде (хвосты керновых проб технологического картирования), приготовленной в лабораторных условиях (дробление до 2 мм, измельчение до 80 % класса –80+0 мкм, при этом количество шламов в руде соответствовало количеству шламов в фабричном питании сульфидного цикла). Гранулометрический состав питания флотации для лабораторной руды представлен в табл. 1.

Следует отметить, что в отличие от лабораторных условий в фабричном питании при одном соотношении шламов существенно возрастает доля крупных классов +160 мкм по выходу с 1,76 % (лаб. условия) до 18,9 % и распределению: Cu – до 4,4 %, As – 12,1 %, S – 8,0 % за счет перераспределения из средних классов –80+15 мкм. Это необходимо учитывать при прогнозировании результатов в промышленных условиях.

Таблица 1

Распределение основных элементов в питании сульфидной флотации по классам крупности при лабораторном измельчении

Классы, мкм	Выход %	Массовая доля, %			Извлечение, %		
		Cu	As	S	Cu	As	S
<i>Питание сульфидной флотации (лабораторное измельчение руды)</i>							
+250	0,76	0,15	0,009	5,56	0,53	1,03	0,86
–250+160	1,00	0,10	0,008	2,93	0,47	1,21	0,60
Итого: +160	1,76	0,12	0,008	4,07	1,00	2,24	1,45
–160+80	18,21	0,16	0,008	4,17	13,67	22,00	15,42
–80+15	58,54	0,23	0,006	5,89	63,15	53,04	70,03
–15+0	21,49	0,22	0,060	3,00	22,18	22,72	13,09
Итого: –80+0	80,03	0,23	0,007	5,11	85,33	75,76	83,12
Руда	100,00	0,21	0,007	4,92	100	100	100

В классах крупнее 80 мкм отмечается наличие сростков халькопирита с кварцем, пирротином, при этом с уменьшением крупности зерен доля сростков снижается, сростки становятся более мелкие, закрытые и сложные, с ассоциацией сразу нескольких минералов – кварц-пирротин-халькопирит. В классе тоньше 80 мкм сростки отсутствуют.

Схема тестирования указанных собирателей включала коллективный цикл: основную, контрольную сульфидные флотации ($t = 10$ мин), перемешивание объединенного сульфидного концентрата ($t = 5$ мин); медный цикл: основную, контрольную медные флотации ($t = 10$ мин) и две перемешивания медного концентрата ($t = 10$ мин). Объем камер флотомашиной – 1,0-0,5-(0,3; 0,2; 0,1) л, объем камер в перемешивании зависел от выхода объединенного сульфидного концентрата. Масса навесок в открытом цикле при тестировании изменялся в пределах от 0,5 до 1,0 кг, замкнутый цикл состоял из 6 одно килограммовых навесок, расчет сделан по последним трем навескам.

Опыты выполнены на водопроводной воде (рН 6,8) и технической (рН 8,6, взвеси 5,3–7,7 г/л). Ионный состав технической воды, мг/л: сульфат-ионы – 800, катионы меди – 0,06, цинка – 0,022, молибдена – 0,003, мышьяка – 0,02, вольфрама – 0,004, кремния – 3,0, железа – 30.

Реагентный режим тестов: жидкое стекло (100+50) г/т (основная флотация и перемешивание – для снижения потерь шеелита с сульфидами; агитация пульпы с реагентом $t_{ар} = 2$ мин), переменный сульфидный собиратель (15(45) + 5 (15)) г/т в основную и контрольную флотации ($t_{ар} = 0,5$ мин), сосновое масло в основную флотацию 10 г/т ($t_{ар} = 1$ мин). Селекция коллективных концентратов: активированный уголь (С) – 50–100 г/т ($t_{ар} = 10$ мин), тринатрийфосфат (ТНФ) – (50+25) г/т (основная флотация и I перемешивание, $t_{ар} = 5$ мин). На фабричных продуктах для усиления депрессии мышьяка медные перемешивания

проводились в среде железного купороса, рН пульпы 7,3–6,5. Исходное рН пульпы основной медной флотации и перемешивания составляло 8,0–8,8.

Следует отметить, что согласно данным технологического баланса ПОФ по стандартной технологии обогащения на смеси реагентов ИМА-И413п + Кх_{бут} потери халькопирита на 60 % связаны с хвостами коллективного цикла (массовая доля Cu – 0,036 %) и на 40 % с хвостами медной селекции (массовая доля Cu – 0,75 %). По крупности потери меди обусловлены на 10 % от общих потерь крупным классом +160 мкм, на 40 % флотационным классом –160+15 мкм и на 50 % шламами менее 15 мкм. Мышьяк практически полностью депрессируется в шламах, в медный концентрат переходит крупнее 15 мкм.

Использование комбинации ИМА-И413п и Кх_{бут} приводит к повышению извлечения халькопирита на 1–2 % относительно диалкилдитиофосфата, но при этом возрастает флотоактивность арсенопирита. В перемешиваниях в промышленных условиях работают на пониженных уровнях пульпы во флотомашине, что способствует уменьшению содержания мышьяка в концентрате, но существенно повышает его количество в циркуляции питания селекции. Все это обуславливает необходимость поиска новых собирателей, сочетающих высокую активность к меди и селективность к арсенопириту.

Результаты флотационных опытов

На первой стадии тестирования опыты выполнены на питании ПОФ на технической воде (взвеси 5,3 г/л) до получения сульфидных концентратов с использованием всех образцов, намеченных к испытаниям. Массовая доля основных компонентов в питании флотации, %: Cu – 0,24, As – 0,08, S – 3,14. На рис. 1 представлены лучшие результаты из серии по определению оптимального расхода для каждого собирателя.

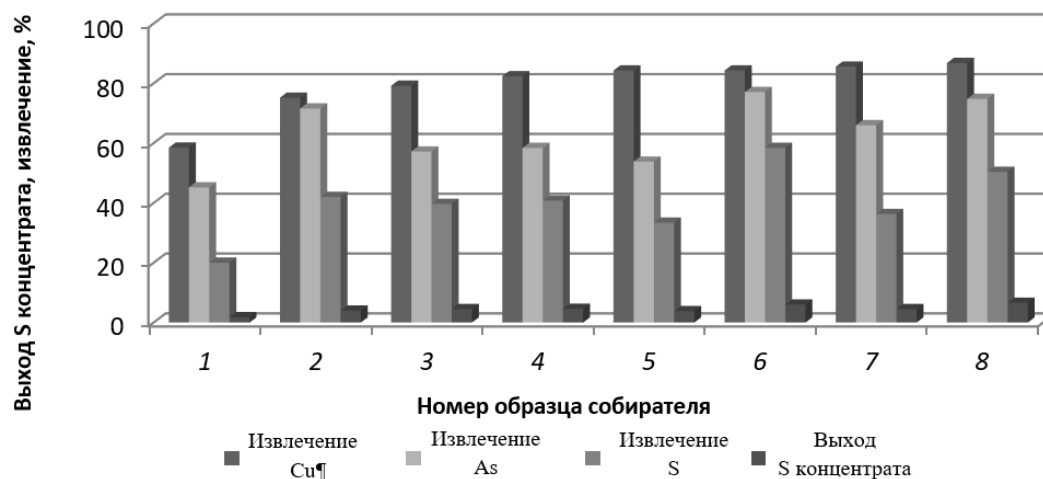


Рис.1. Диаграмма выхода коллективного концентрата и извлечения в него меди, мышьяка и серы на исследуемых образцах сульфидных собирателей, г/т:

1 – образец 275 (200 + 80); 2 – образец 276 (200 + 80); 3 – ИМА-И413п (45 + 5); 4 – образец 277 + ИМА-И413п (40 + 10, соотношение 1:1); 5 – образец 277 (45 + 5); 6 – Кх_{б_ут} (60 + 20); 7 – БТФ-15221 (35 + 5); 8 – БТФ-271 (45 + 5)

При выходе сульфидного концентрата 3,8–4,6 % на образце 277 и комбинации реагентов ИМА-И413п + обр. 277 (1:1) получен относительно стандартного собирателя прирост извлечения меди на 3–5 % с селективностью по отношению к арсенопириту, близкой к стандартному режиму. При использовании БТФ 15221 и 271 при выходе 4,5–6,6 % достигнут максимальный прирост извлечения меди (6–8 %) при увеличении извлечения мышьяка в пределах 9–18 % относительно ИМА-И413п, однако, селективность процесса была выше, чем с использованием комбинации стандартного реагента ИМА-И413п

и Кх_{б_ут}. Извлечение пирротина, основного сульфидного минерала, определяющего извлечение серы, для всех новых образцов колеблется в пределах от 20 до 40 %, для Кх_{б_ут} составляет 58,4 % и для ИМА-И413п – 39,7 %.

На основе тестов по оценке флотационной активности реагентов для этапа заключительных экспериментов выбраны собиратели БТФ 15221, 271 и комбинация ИМА-И413п с образцом БТФ- 277 в соотношении 1:1. Результаты заключительных замкнутых опытов до получения медного концентрата представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели обогащения испытанных собирателей по медному концентрату

Номер опыта	Собиратель, г/т	Медный концентрат								
		Выход, %	Массовая доля, % г/т				Извлечение, %			
			Cu	As	Au	Ag	Cu	As	Au	Ag
Халькопирит-пирротиновая лабораторная руда, водопроводная вода										
<i>Массовая доля в руде Cu – 0,22 %, As – 0,007 % (Cu:As = 31,4:1), Au – 1,6 г/т, Ag – 1,16 г/т</i>										
1	ИМА-И413п 30	0,84	16,00	0,10	54,20	56,00	61,09	12,00	28,46	40,55
2	БТФ 15221 30	0,90	18,53	0,07	57,80	67,00	75,80	9,00	32,51	51,98
3	БТФ 15221 40	0,95	17,67	0,09	71,70	64,50	76,30	12,21	42,57	52,82
4	БТФ 271 40	0,88	18,18	0,10	64,51	61,43	72,72	12,57	35,48	46,60
5	ИМА+ 277 (1:1) 30	0,97	15,36	0,13	55,00	61,70	67,72	18,01	33,34	51,59
6	Реафлот 277 45	0,90	15,00	0,10	55,13	57,00	61,36	12,86	31,01	44,22
Халькопирит-арсенопирит-пирротиновая руда, слив классификатора ПОФ, оборотная вода										
<i>Массовая доля в руде Cu – 0,16 %, As – 0,14 % (Cu:As = 1,1:1), Au – 0,69 г/т, Ag – 3,6 г/т</i>										
7	ИМА-И413п 30	0,83	14,48	4,57	38,10	231,8	75,12	27,09	45,83	53,44
8*		0,65	18,27	0,94	43,57	278,5	74,22	4,36	41,04	50,28
9	БТФ 15221 30	0,76	16,17	5,75	41,84	282,0	76,81	31,21	46,08	59,53
10*		0,64	18,85	0,86	45,42	297,3	75,40	3,93	42,13	52,85

*Опыты в Cu селекции выполнены с перечистками медного концентрата в среде железного купороса; FeSO₄ I пер. до pH 7,2 (6,9) – II пер. pH 6,8 (6,7)

Таблица 3

Потери ценных металлов в отвальных хвостах на лабораторной пробе руды

Собиратель; расход, г/т (номер опыта)	Наименование продуктов	Массовая доля, % (г/т)			Извлечение, % (г/т)			Соотношение потерь в % от общ.		
		Cu	Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu	Au	Ag
ИМА-И413п; 30 (№ 1)	Хв. S фл.	0,02 (8)	1,0 (0)	0,4 (5)	11,0 (5)	55,45	34,53	27,7	77,5	58,1
	Cu хв.	0,63	2,5 (0)	2,8 (0)	28,8 (6)	16,09	24,92	72,3	22,5	41,9
БТФ-15221; 30(№ 2)	Хв. S фл.	0,02 (9)	0,8 (4)	0,4 (0)	12,3 (4)	47,92	30,93	49,0	71,0	64,4
	Cu хв.	0,29	3,5 (7)	2,3 (0)	11,8 (6)	19,57	17,09	51,0	29,0	35,5
БТФ-15221; 40 (№ 3)	Хв. S фл.	0,02 (7)	0,7 (3)	0,3 (4)	10,7 (1)	40,38	25,60	45,2	70,3	54,3
	Cu хв.	0,24	2,2 (6)	2,1 (0)	12,9 (9)	17,05	21,58	54,8	29,7	45,7

В табл. 3 приведены потери меди, золота и серебра по опытам 1–3 в коллективном цикле (хвосты S флотации) и в цикле селекции (Cu хвосты).

Невысокое извлечение золота и серебра обусловлено вещественным составом руды. Драгметаллы находятся в тонкодисперсном самородном состоянии (основной размер 5–75 мкм), изоморфно замещают Fe, Cu, As в сульфидах. К неизвлекаемым формам относятся: золото в кварце в виде тонких примазок на кварцевой поверхности, внутри частиц кварца, крупность 0,01–0,2 (0,3) мм; серебро в карбонатах тяжелых металлов, кварце и силикатах; в арсенопирите в виде каплевидных частичек. Поэтому основные потери благородных металлов связаны с коллективным циклом, в котором выделяется основная масса сульфидных хвостов.

Анализ полученных результатов

На всех испытанных новых образцах, предложенных к исследованиям, получен прирост извлечения меди, золота и серебра относительно стандартного образца ИМА-И413п, на котором суммарное извлечение ценных минералов составляет 129,1 %, расход – 30 г/т. В ряду повышения суммарного извлечения реагенты расположились таким образом, %:

$$\begin{aligned} & \text{Реафлот}277(45 \text{ г/т} - 136,6) < \\ & < \text{БТФ-271}(40 \text{ г/т} - 154,8) < \\ & < \text{БТФ-15221}(30 \text{ г/т} - 160,3) < (40 \text{ г/т} - 171,7). \end{aligned}$$

Наиболее высокие показатели извлечения меди и сопутствующих драгметаллов при наименьшей массовой доле в концентрате мышья-

ка достигнуты с реагентом БТФ-15221 при расходе (25+5) г/т. Повышение расхода собирателя до (35+5) г/т позволяет дополнительно увеличить извлечение металлов, но при росте извлечения арсенопирита в концентрат. Использование комбинации неионогенного собирателя Реафлота-277 и ИМА-И413п (суммарное извлечение 153 %) повышает извлечение меди по сравнению с ИМА-И413п, однако этот показатель ниже, чем с БТФ-15221 и при более низкой селективности процесса обогащения.

Следует отметить, что на образце БТФ-15221 большая доля снижения потерь меди приходится на цикл селекции, что подтверждается данными табл. 3 и свидетельствует о большей селективности действия реагента по сравнению с применяемым стандартным собирателем ИМА-И413п.

Исследование действия БТФ-15221 в сравнении с ИМА-И413п на фабричном питании сульфидной флотации при переработке шеелит-халькопирит-арсенопирит-пирротиновой руды показало, что селективность процесса резко снижается (см. табл. 2, опыты 7 и 9). С собирателем ИМА-И413п в отличие от БТФ-15221 не было получено кондиционного концентрата по основному компоненту меди. Для получения кондиционного медного концентрата при флотации этой руды потребовалось введение в медные перечистки железного купороса (см. табл. 2, опыты 8 и 10). В этих условиях прирост суммарного извлечения ценных минералов составил только 4,8 % (170,4 % БТФ 15221 и 165,5 % ИМА-И413п)

против 30 % на шеелит-халькопирит-пирротиновой руде.

Проведенные опыты свидетельствуют, что проблема изыскания селективного собирателя для мышьяковистых руд по-прежнему остается актуальной.

Селективное действие диалкилдитиофосфатных собирателей по сравнению с ксантогенатами обусловлено образованием малоустойчивых комплексов с железом, что способствует улучшению процесса разделения халькопирита и железосодержащих минералов (арсенопирита и пирротина). В отличие от ксантогенатов диалкилдитиофосфаты обладают заметной поверхностной активностью на границе раздела жидкость-газ (ж-г). Влияние поверхностно-активных свойств собирателей, в том числе диалкилдитиофосфатов, изучалось многими исследователями [18–25]. Установлено, что высокая поверхностная активность реагента способствует образованию большого количества мелких пузырьков воздуха в пульпе, возрастает эффективность извлечения тонких частиц, это подтверждается практикой флотации. Вследствие перехода реагента с раздела твердая фаза-жидкость (т-ж) на границу ж-г уменьшается прослойка воды между частицей и пузырьком воздуха, повышается прочность закрепления минеральных частиц на пузырьке, возрастает скорость флотации, наблюдается рост показателей при обогащении [18, 23].

С учетом концепции влияния поверхностно-активных свойств и гидрофобизирующей способности [8, 9] выполнена оценка флотационных свойств реагентов, предложенных к испытаниям в данной работе.

Величина поверхностного натяжения 1 %-ных водных растворов собирателей характеризует их поверхностную активность: ИМА-И413п – 54,7 мН/м, БТФ-271 – 55,2 мН/м и БТФ-15221 – 57,7 мН/м. Значения гидрофобизирующей способности при этом соответственно составили, %: 54,0, 34,6 и 53,0.

Следовательно, в ряду изученных реагентов наиболее поверхностно-активным, обладающим большей гидрофобностью, является ИМА-И413п, наименее поверхностно-активным – БТФ-15221, а наименьшая гидрофобность наблюдается у БТФ-271.

При небольших расходах собирателей (до 20 г/т) в коллективном цикле открытых опытов собирательные свойства реагентов БТФ 271 и БТФ 15221 существенно уступают стандартному собирателю ИМА-И413п. При одном расходе собирателей на новых образцах выход сульфидного концентрата меньше на 1,6–1,4 %, извлечение меди ниже на 6 % у БТФ 271) и 3,5 % у БТФ 15221, мышьяка на 15–10 %, серы на 4–10 %.

Основные результаты

Полученные данные подтверждают существоющую определенную зависимость между соотношением значением поверхностной активности и гидрофобизирующей способности сравниваемых реагентов. Данная зависимость прослеживалась и в серии опытов в исследовании [17], наиболее эффективный образец ИМА-208 по сравнению с ИМА-И413 обладал большей поверхностной активностью и большей гидрофобизирующей способностью.

Однако, повышение количества сорбированного собирателя на поверхности минералов (увеличение площади покрытия) при росте концентрации собирателя в пульпе снижает эффект влияния поверхностно-активной и гидрофобизирующей способности реагента, особенно при незначительной разнице значений.

С увеличением расхода собирателей (БТФ-271, 15221) 30–45 г/т, либо в опытах замкнутого цикла собирательная активность новых образцов в коллективном цикле усилилась за счет роста концентрации реагента в пульпе. Эффективность флотации по сопутствующим сульфидным минералам приблизилась к показателям менее селективного собирателя $K_{х\text{бут}}$ (расход 50 г/т) при опережающем извлечении халькопирита.

Определяющим же фактором в селекции коллективного сульфидного концентрата

остаётся прочность закрепления собирателя на поверхности ценных минералов.

Направления дальнейших исследований

Созданный образец БТФ 15221 представляет несомненный интерес для дальнейших промышленных испытаний на медно-арсенопиритных и других типах руд с возможной корректировкой его собирательной силы и селективности за счет расхода во флотации,

плотности пульпы, температуры и других технологических параметров. Планируется проведение промышленных испытаний собирателя на ПОФ в 2021 году.

Исходя из высокой эффективности флотации халькопирита в медной селекции на собирателе БТФ 15221 продолжено моделирование флотационных свойств реагента на основе введения в его состав новых низкомолекулярных (более высокомолекулярных) гомологов.

Библиографический список

1. Хан Г. А., Габриелова Л. И., Власова Н. С. *Флотационные реагенты и их применение*. М.: Недра; 1986. 271 с.
2. Богданов О. С., Гольман А. М., Каковский И. А. и др. *Физико-химические основы теории флотации*. М.: Наука; 1983. 264 с.
3. Конев В. А. *Флотация сульфидов*. М.: Недра; 1985. 262 с.
4. Соложенкин П. М., Кубак Д. А., Петухов В. Н. Компьютерное моделирование сульфгидрильных соединений с гидроксильными радикалами и прогноз их в качестве флотореагентов. *Вестник МГТУ им.Г.И. Носова*. 2016;14(1):26-33.
5. *Справочник по обогащению руд. Том. 2. Основные процессы*. Под ред. О. С. Богданова. М.: Недра; 1983. С. 270–280.
6. Lewis A. Tecflote-novel chemistry for new sulfide collectors. A selective collectors at natural pH for pyrite rich ores and ores containing sulfides, gold, silver and platinum group elements. In: *XXIX IMPC*. Moscow; 2018. P. 244.
7. Tercero N., Nagaraj D. R., Farinato R. A critical overview of dithiophosphinate and dithiophosphate interactions with base metal sulfides and precious metals. *Mining, Metal. and Explor.* 2019;(1):99-110.
8. Solozhenkin P., Ibragimova O., Emelyanenko E., Yagudina J. Current understanding of thiol collector adsorption mechanism on tennantite using computational docking and FTIR-techniques. In: *XXIX IMPC*. Moscow; 2018. P. 20.
9. Miki H., Hirajima T., Muta Y. et al. Investigation of reagents for selective flotation on chalcopyrite and molybdenite. In: *XXIX IMPC*. Moscow; 2018. P.663.
10. Karimain A., Rezaei B., Masoumi A. The effect mixed collectors in the rougher flotation of sungun copper. *Life Science Journal*. 2013;10(6s):268–272.
11. Solozhenkin P. M., Krausz S. Study of sulfhydryc flotation reagents isomery. In: *XV Balkan Mineral Processing Congress*. Bulgaria. 2013;(1):429-432.
12. Lui G., Xiao J., Yang X., Zhong H. A review of flotation collectors: fundamentals to practice. In: *XXVIII IMPC*. Canada, Quebec; 2016. P. 206.
13. New technologies to recover gold and silver from ores and concentrates in cell-type column / P.N. Hreniuc, I. Pasca, O. Stevan, G. Badescu // *XV Balkan Mineral Processing Congress*. Bulgaria. 2013. Vol 1. P. 466–475.
14. Рябой В. И., Шепета Е. Д. Влияние поверхностной активации и гидрофобизирующих свойств диалкилдитиофосфатов на флотацию медных мышьяксодержащих руд. *Обогащение руд*. 2016;4(364):29–34.
15. Ryaboy V. I., Shepeta E. D., Ryaboy I. V. Applying Reagents Containing the Thioamide Group in the Flotation of Copper-Arsenopyrite Ores. In: *XXIX IMPC*. Moscow; 2018. P. 692.
16. Саматова Л. А., Рябой В. И., Шепета Е. Д. Повышение извлечения цветных и благородных металлов с использованием аэрофлотов при флотации шеелит-сульфидных руд. *ФТПРПИ*. 2013;(6):151-157.
17. Рябой В. И., Левковец С. Е., Ефремова Г. А., Коваль О. Е. Новый диалкилдитиофосфатный собиратель для флотации серебросодержащих руд. *Горные науки и технологии*. 2018;(3):45–53. DOI: [10.17073/2500-0632-2018-3-45-53](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2018-3-45-53)
18. Kondratyev S. A. Estimation of Reagents-Collectors Flotation Activity. *Обогащение руд*. 2010;(4):24-30.
19. Pan Lei, Jung Sunghwan, Yoon Rol-Hoan. A fundamental study on the collector in the kinetics of bubble-particle interaction. *International Journal of Mineral Processing*. 2012;37-41:106-109. DOI: [10.1016/j.minpro.2012.02.001](https://doi.org/10.1016/j.minpro.2012.02.001)
20. Pan Lei, Yoon Rol-Hoan. Direct measurement of hydrodynamic and surface forces in bubble-particle interactions. In: *XXVII IMPC*. Santiago, Chile. 2014;(1):88.
21. Tan Y. H., Rafiei A. A., et. al. Bubble size, gas holdup and bubble velocity profile of some alcohols and commercial frothers. *International Journal of Mineral Processing*. 2013;119:1-5.

22. Chu P., Finch J. Break-up in formation of small bubbles: Salts and frothers. In: *XXVII IMPC*. Santiago, Chile; 2014. P. 95.
23. Kondratyev S. A., Ryaboy V. I. Influence of desorbed species of xanthates and dialkyldithiophosphates on their collecting ability. In: *XXVIII IMPC*. Quebec, Canada; 2016. P. 133.
24. Tan Y. H., Finch J. A. Surfactant structure-property relationship: Aliphatic alcohols and bubble rise velocity. In: *XV Balkan Mineral Processing Congress*. Bulgaria; 201. P. 423-428.
25. Ignatkina V. A., Dyachkov F. G., Bocharov V. A. Collecting properties of diisobutyl dithiophosphinate in sulfide minerals flotation from sulfide ore. *Journal of mining science*. 2013;49(5):795-802.

References

- Khan G. A., Gabrielova L. I., Vlasova N. S. *Flotation reagents and their application*. Moscow: Nedra Publ.; 1986. 271 p. (In Russ.)
- Bogdanov O. S., Golman A. M., Kakovsky I. A. et al. *Physico-chemical foundations of flotation theory*. Moscow: Nauka Publ.; 1983. 264 p. (In Russ.)
- Konev V. A. *Sulfide Flotation*. Moscow: Nedra Publ.; 1985. 262 p. (In Russ.)
- Solozhenkin P. M., Kubak D. A., Petukhov V. N. Computer modeling of sulfhydryl compounds with hydroxyl radicals and prediction of their use as flotation agents. *Vestnik of Novosibirsk State Technical University*. 2016;14(1):26-33. (In Russ.)
- Ore Beneficiation Handbook. Basic processes*. Ed. Bogdanov O. S. Moscow: Nedra; 1983. P. 270-280. (In Russ.)
- Lewis A. Tecflote-novel chemistry for new sulfide collectors. A selective collectors at natural pH for pyrite rich ores and ores containing sulfides, gold, silver and platinum group elements. In: *XXIX IMPC*. Moscow; 2018. P. 244.
- Tercero N., Nagaraj D. R., Farinato R. A critical overview of dithiophosphinate and dithiophosphate interactions with base metal sulfides and precious metals. *Mining, Metal. and Explor.* 2019;(1):99-110.
- Solozhenkin P., Ibragimova O., Emelyanenko E., Yagudina J. Current understanding of thiol collector adsorption mechanism on tennantite using computational docking and FTIR-techniques. In: *XXIX IMPC*. Moscow; 2018. P. 20.
- Miki H., Hirajima T., Muta Y., et al. Investigation of reagents for selective flotation on chalcopyrite and molybdenite. In: *XXIX IMPC*. Moscow; 2018. P.663.
- Karimain A., Rezaei B., Masoumi A. The effect mixed collectors in the rougher flotation of sungun copper. *Life Science Journal*. 2013;10(6s):268–272.
- Solozhenkin P. M., Krausz S. Study of sulfhydryl flotation reagents isomery. In: *XV Balkan Mineral Processing Congress*. Bulgaria. 2013;(1):429-432.
- Lui G., Xiao J., Yang X., Zhong H. A review of flotation collectors: fundamentals to practice. In: *XXVIII IMPC*. Canada, Quebec; 2016. P. 206.
- New technologies to recover gold and silver from ores and concentrates in cell-type column / P.N. Hreniuc, I. Pasca, O. Stevan, G. Badescu // *XV Balkan Mineral Processing Congress*. Bulgaria. 2013. Vol 1. P. 466–475.
- Ryaboy V. I., Shepeta E. D. Effect of surface activation of dialkyldithiophosphate hydrophobizing properties on flotation of copper arsenic ores. *Obogashchenie Rud.* 2016;4(364):29-34. (In Russ.)
- Ryaboy V. I., Shepeta E. D., Ryaboy I. V. Applying Reagents Containing the Thioamide Group in the Flotation of Copper-Arsenopyrite Ores. In: *XXIX IMPC*. Moscow; 2018. P. 692.
- Samatova L. A., Ryaboy V. I., Shepeta E. D. Increasing recovery of nonferrous and precious metals using Aeroflot agents in flotation of scheelite-sulfide ores. *Fiziko-tekhicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. 2013;(6):151-157.
- Ryaboy V.I., Levkovets S.E., Efremova G.A., Koval O.E. New dialkyldithiophosphate collector for silver-containing ore flotation. *Gornyye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2018;(3):45-53. DOI: [10.17073/2500-0632-2018-3-45-53](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2018-3-45-53) (In Russ.)
- Kondratyev S. A. Estimation of Reagents-Collectors Flotation Activity. *Obogashchenie rud.* 2010;(4):24-30.
- Pan Lei, Jung Sunghwan, Yoon Rol-Hoan. A fundamental study on the collector in the kinetics of bubble-particle interaction. *International Journal of Mineral Processing*. 2012;37-41:106-109. DOI: [10.1016/j.minpro.2012.02.001](https://doi.org/10.1016/j.minpro.2012.02.001)
- Pan Lei, Yoon Rol-Hoan. Direct measurement of hydrodynamic and surface forces in bubble-particle interactions. In: *XXVII IMPC*. Santiago, Chile. 2014;(1):88.
- Tan Y. H., Rafiei A. A., et. al. Bubble size, gas holdup and bubble velocity profile of some alcohols and commercial frothers. *International Journal of Mineral Processing*. 2013;119:1-5.
- Chu P., Finch J. Break-up in formation of small bubbles: Salts and frothers. In: *XXVII IMPC*. Santiago, Chile; 2014. P. 95.
- Kondratyev S. A., Ryaboy V. I. Influence of desorbed species of xanthates and dialkyldithiophosphates on their collecting ability. In: *XXVIII IMPC*. Quebec, Canada; 2016. P. 133.

24. Tan Y. H., Finch J. A. Surfactant structure-property relationship: Aliphatic alcohols and bubble rise velocity. In: *XV Balkan Mineral Processing Congress*. Bulgaria; 201. P. 423-428.

25. Ignatkina V. A., Dyachkov F. G., Bocharov V. A. Collecting properties of diisobutyl dithiophosphate in sulfide minerals flotation from sulfide ore. *Journal of mining science*. 2013;49(5):795-802.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-307-317

Совершенствование административных подходов государственного управления недрами Республики Казахстан

Р. Н. Баймишев
 Министерство индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан,
 г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Аннотация: Минерально-сырьевая база Республики Казахстан – как основа ее экономики – играет особую роль не только в стабильном развитии страны, но и в формировании успешных международных отношений. В работе обоснована направленность развития горно-металлургического комплекса Республики Казахстан на решение задачи повышения конкурентоспособности страны в стратегической перспективе. Показано, что достижение этих целей позволит сформировать потенциал для последовательного и гарантированного взаимодействия с ведущими странами мира на выгодных для республики условиях. При этом, несмотря на прогнозируемые перспективные геологические данные, в Республике Казахстан в настоящее время зафиксировано значительное превышение добычных работ над разведочными. Показано также, что доля инвестиций в геологоразведку от общего объема инвестиций в горнорудный сектор – незначительная, основная часть инвестируется в добычу полезных ископаемых. В связи с этим в работе предложены пути совершенствования административных подходов к управлению недрами Республики Казахстан при предоставлении права недропользования с целью исключения барьеров для инвесторов. Предлагаемые изменения по совершенствованию государственного управления недрами могут дать положительный эффект: рост инвестиций за счет совершенствования административных подходов государственного управления недрами республики, обеспечения прозрачности информации, поддержки новых стандартов, упрощенного способа получения прав на недропользование; снижение коррупционности в сфере геологии и недропользования и сокращение трудозатрат на реализацию государственных функций за счет создания современной геологической инфраструктуры и применения инновационных возможностей при реализации контрольных функций компетентных органов; обеспечение справедливой доходности для государства от поступающих налогов, а также получение инвесторами справедливой прибыли.

Ключевые слова: минеральные ресурсы; административные подходы, государственное управление, лицензирование недропользования, конкурентоспособность государства, международные стандарты, информационные системы недропользования, баланс природных ресурсов, инвестиционная привлекательность горной отрасли

Для цитирования: Баймишев Р. Н. Совершенствование административных подходов государственного управления недрами Республики Казахстан. *Горные науки и технологии*. 2020;5(4):307-317. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-307-317

Improvement of administrative approaches to subsoil state management in the Republic of Kazakhstan

R. N. Baimishev
 Ministry of Industry and Infrastructure Development of the Republic of Kazakhstan,
 Nur-Sultan, the Republic of Kazakhstan

Abstract: Mineral resource base of the Republic of Kazakhstan, being as the basis of its economy, plays a special role not only in sustainable development of the country, but also in the formation of successful international relations. The paper substantiates the direction of the mining and metallurgical complex development in the Republic of Kazakhstan towards solving the problem of increasing the country's long-term competitiveness. It was demonstrated that achieving these goals will allow building the potential for consistent and secure participation of the national economy in market interaction with leading global partners on mutually beneficial terms. At the same time, despite forecasted promising geological data, significant excess of the scope of mining work over that of exploration is observed in the Republic of Kazakhstan. It is also shown that the share of investments in geological exploration in the total investments in the mining sector is insignificant. The major part of the funds is invested in mineral extraction activities. In this connection, the paper proposes ways to improve administrative approaches to

subsoil management in the Republic of Kazakhstan when granting subsoil use rights, in order to eliminate barriers for investors. The proposed improvements for the state subsoil management can have positive effect: investment growth due to improving the administrative approaches in the Republic's state subsoil management, ensuring transparency of information, supporting new standards, a simplified procedure for obtaining subsoil use rights (licensing); reducing corruption in the field of geology and subsoil use and reducing labor costs for the implementation of state functions through the creation of a modern geological infrastructure and the use of innovative opportunities in the implementation of supervisory functions by the competent authorities; ensuring fair returns for the government from taxes, as well as obtaining fair returns by investors.

Keywords: mineral resources, administrative approaches, state management, licensing of subsoil use, competitiveness of the state, international standards, information systems for subsoil use, balance of natural resources, investment attractiveness of mining industry

For citation: Baimishev R. N. Improvement of administrative approaches to subsoil state management in the Republic of Kazakhstan. *Gornyye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2020;5(4):307-317. (In Russ.) DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-307-317

Введение. Минерально-сырьевая база Республики Казахстан (РК) – основа развития экономики, политической стабильности и процветания государства в целом. В настоящее время в условиях жесткой международной конкуренции минеральные ресурсы Казахстана играют особо важную роль в стабильном экономическом развитии страны и формировании успешных международных отношений.

Повышение конкурентоспособности Республики Казахстан на международной арене в борьбе за сырье возможно через совершенствование механизмов правового регулирования данной отрасли. Поскольку горно-рудный сектор – высокорискованный, необходим переход на эффективные международные способы государственного управления недрами Республики Казахстан.

В связи с этим в национальном плане «100 конкретных шагов» главой государства Н.А. Назарбаевым были определены первоочередные задачи в сфере геологии и недропользования:

- введение для всех видов полезных ископаемых упрощенного метода заключения контрактов с использованием лучших мировых практик;

- повышение прозрачности и предсказуемости сферы недропользования через внедрение международной системы стандартов отчетности по запасам твердых полезных ископаемых CRIRSCO.

Во исполнение указанных положений 27 декабря 2017 г. в Республике Казахстан принят Кодекс «О недрах и недропользовании».

Основными предпосылками для реформирования горного законодательства послужили состояние минерально-сырьевой базы и недостаточный уровень инвестиций в отрасль.

Как известно, восполнить баланс ресурсов возможно в результате геологоразведки за счет государственных, квазигосударственных либо частных инвестиций. Учитывая необходимые затраты в такую рискованную сферу деятельности, как геологоразведка, выбран путь привлечения частных инвестиций. Поэтому основную цель проводимых реформ можно сформулировать следующим образом: «Восполнение минерально-сырьевой базы страны посредством значительного повышения привлекательности условий разведки и добычи твердых полезных ископаемых».

Для достижения поставленной цели в рамках Кодекса определены следующие задачи:

- создание условий для возникновения юниорских разведочных компаний;
- установление простых, предсказуемых, транспарентных и стабильных условий разведки и добычи твердых полезных ископаемых (ТПИ);
- исключение государственного регулирования технико-экономических вопросов недропользования, в том числе оценки минеральных ресурсов и запасов;

– внедрение электронной формы коммуникации между государством и индустрией, включая выбор участка недр, подачу заявлений и выдачу лицензий, направление уведомлений;

– усиление положения по ликвидации месторождений для обеспечения экологической безопасности страны при закрытии рудников.

Анализ международного опыта регулирования сферы недропользования и формирование концепции Кодекса РК «О недрах и недропользовании»

Следует отметить, что при разработке Кодекса был детально изучен международный опыт на основании полуторагодового анализа и рекомендаций Всемирного банка, ОЭСР, института Данди, ЕБРР, SOFRECO. По результатам проведенных исследований выявлен опыт Австралии как наилучший мировой опыт регулирования сферы недропользования [1].

Особенность австралийских подходов заключается в прозрачности и простоте процедур предоставления права недропользования, которые являются эталоном инвестиционной привлекательности в мировом майнинге. Страны, имплементировавшие в свое законодательство по недропользованию австралийские методы, добились значительного прироста инвестиций в отрасль: Перу, Канада, Чили, Эквадор, Монголия, Нигерия, Мозамбик [2–4]. Все эти страны обладают самым высоким рейтингом привлекательности инвестиций в недропользование [5–7]. К примеру, капитализация Канадской фондовой биржи только в части юниорских компаний составляет более 58 млрд долл. США. В Австралии работают практически все крупнейшие горнорудные компании мира, количество компаний в сфере майнинга достигло 15 тыс., выдано более 23,5 тыс. лицензий, разведочными работами покрыто 27% территории страны (для сравнения, в Казахстане заключено только 600 контрактов) [8–11]. А это рабочие места, открытие новых месторождений и развитие смежных производств.

По выводам отчета McKinsey, в случае запуска массовой геологоразведки в Казахстане прогнозируется открытие не менее

15 месторождений мирового уровня, а также новых горнорудных провинций.

В связи с этим с целью обеспечения существенного притока инвесторов в геологоразведку в качестве ключевого нововведения в сфере недропользования было выбрано внедрение лицензионного порядка предоставления права недропользования с ежегодно возрастающей ставкой аренды на основе принципа «первый пришел – первый получил» [12, 13].

Основой привлекательности для инвесторов является то, что, по сравнению с ранее действовавшими процедурами предоставления права на разведку со сроком 540 дней, в соответствии с Кодексом лицензии на разведку выдаются за 10 рабочих дней.

Предоставление права недропользования по принципу «первый пришел – первый получил» подразумевает разделение свободной от недропользования территории Республики Казахстан на блоки площадью не более 1,8 км². Лицензию можно оформить сразу на 10 блоков, но необходимо будет выполнять требования по минимальным затратам на разведку или добычу, размер и разбивка по годам которых определены в Кодексе о недрах, а также выплачивать арендную плату за каждый блок. Указанные положения не позволят недобросовестным недропользователям удерживать территорию, не вкладывая необходимого объема инвестиций.

В целях стимулирования быстрого проведения геологоразведочных работ на этапе разведки установлена прогрессирующая арендная ставка, на этапе добычи – ставка фиксированная. Это все стимулирует комплексное изучение контрактной территории полностью (сейчас имеются контрактные территории в тысячи квадратных километров, на которых фактически работы ведутся на 10 км²). А самое главное, будет обеспечена масштабная, качественная и детальная геологоразведочная изученность Казахстана (так, к примеру, затраты Казахстана на разведку из расчета на 1 км² составляют всего 3 долл.

США, в Австралии – 167, в США – 87, в Канаде – 203, в России – 25 долл. США). То есть последние десятилетия инвестиции в геолого-разведку не обеспечивали восполнения запасов страны [14–16].

Особое внимание следует уделить новому документу, который предусмотрен в Кодексе о недрах, – Программе управления государственного фонда недр (ПУГФН). Целью ПУГФН является осуществление управления государственным фондом недр системно, качественно и публично. В ПУГФН закреплены основные направления государственной политики в сфере управления недрами, а также определены [17, 18]:

- территории и участки недр, в пределах которых права недропользования предоставляются на основании заявления с учетом видов недропользования и полезных ископаемых, а также полномочий компетентных органов;

- территории и участки недр, в пределах которых права недропользования предоставляются на основании аукционов или тендеров;

- приоритетные направления государственной политики по геологическому изучению недр с указанием территорий и соответствующих участков недр.

Кроме того, концептуальным нововведением Кодекса является обеспечение открытого доступа к геологической информации и перевода ее в цифровой формат. Это позволит в полной мере реализовать австралийскую модель в сфере недропользования и значительно повлияет на улучшение инвестиционного климата сферы недропользования в Казахстане.

Кодексом «О недрах и недропользовании» гарантируется безусловный переход от этапа разведки к этапу добычи в случае обнаружения месторождения. Эта мера обеспечит инвесторам уверенность в возврате инвестиций, вложенных в геологоразведку.

Единственным условием получения лицензии на добычу при переходе с этапа разведки будет экологическое согласование проектного документа.

В Кодексе РК «О недрах и недропользовании» предусмотрен переход на международные стандарты оценки ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых.

С учетом значительных различий горно-рудного и нефтегазового секторов по специфике, трудоемкости работ и капиталовложению заложены разные подходы в регулировании деятельности по недропользованию для твердых полезных ископаемых, углеводородного сырья (УВС), общераспространенных полезных ископаемых и т.д.

Следует отметить, что в Кодексе пересматриваются действующие принципы формирования перечня общераспространенных полезных ископаемых с учетом мирового опыта.

Также в Казахстане усовершенствован порядок ликвидации последствий недропользования путем внедрения новых инструментов в виде обеспечения исполнения обязательств по ликвидации, таких как гарантия, залог и страхование. Обеспечение исполнения обязательств по ликвидации осуществляется в пользу Республики Казахстан в лице государственного органа, предоставившего право недропользования. При этом сумма обеспечения определяется при геологическом изучении недр и старательской добыче полезных ископаемых по количеству гектаров, на этапе разведки – по количеству блоков, а на этапе добычи на первый трехлетний период рассчитывается на основе рыночной стоимости работ и подлежит актуализации каждый трехлетний период действия лицензии.

Кодекс «О недрах и недропользовании» должен стать прорывным законодательным актом, направленным на внедрение принципов и подходов, принятых в международной практике, на обеспечение прозрачных и понятных методов государственного регулирования, переориентации государственного аппарата на поддержку инвестиций.

Реализация новых подходов будет способствовать притоку новых инвесторов в сферу недропользования, что в последующем

будет способствовать созданию дополнительных рабочих мест, развитию отдельных регионов, укреплению экономической стабильности и поднятию конкурентоспособности Республики Казахстан на международной арене.

Инвестиционная привлекательность минерально-сырьевой базы Республики Казахстан и система государственного управления недрами

В целях создания развитой рыночной экономики одной из задач, стоящих перед всеми государствами мира, является построение эффективной системы государственного управления ресурсами, которыми они обладают. В связи с этим повышение конкурентоспособности Республики Казахстан на международной арене в борьбе за сырье возможно через совершенствование механизмов и подходов государственного управления недрами [19–21].

По состоянию на 01.01.2019 государственный фонд полезных ископаемых Республики Казахстан характеризуется низкой инвестиционной привлекательностью (недоизученность объектов, отсутствие инфраструктуры, падение мировых цен на отдельные виды сырья, сложные горно-геологические условия, высокая капиталоемкость, длительные сроки возврата начальных вложений, высокая оперативная инертность, низкая ликвидность остаточных основных фондов горного предприятия, противоречия в нормативно-правовой базе).

Все вышеуказанное говорит о необходимости пересмотра действующих подходов к управлению отраслью, в том числе путем выработки эффективной государственной стратегии развития отрасли и увеличения финансирования геологоразведочных работ, краеугольного камня отрасли, в результате чего будет достигнуто восполнение минерально-сырьевой базы Казахстана.

Таким образом, для того чтобы вывести отрасль из кризиса, необходимо совершен-

ствовать систему государственного управления отраслью, которая требует не просто модернизации, а кардинальных изменений.

Стимулирование проведения геологического изучения недр и геологоразведки для восполнения минерально-сырьевой базы Республики Казахстан и открытия новых месторождений путем привлечения частных инвестиций возможно в случае реализации следующих предлагаемых мер по совершенствованию государственного управления недрами Республики Казахстан: реформирование организационной системы государственного управления недрами; актуализация стратегических программ по управлению недрами; создание современной геологической инфраструктуры; совершенствование административных подходов государственного управления недрами РК; применение инновационных возможностей при реализации контрольных функций компетентных органов; совершенствование режима налогообложения по вопросам недропользования.

Учитывая геологический потенциал минерально-сырьевой базы, страновое месторасположение, экономические составляющие, рыночный спрос, инфраструктурные факторы и многие другие аспекты, государства формируют систему управления недрами и вырабатывают соответствующие принципы правового регулирования недропользования. В Казахстане сформированы следующие основополагающие принципы регулирования данной отрасли, определяющие особенность государственного управления недрами: рациональное управление государственным фондом недр; обеспечение экологической безопасности при использовании недр; доступность информации в сфере недропользования; платность недропользования; добросовестность недропользователей; стабильность условий недропользования. Указанные принципы выработаны государством для обеспечения устойчивого развития минерально-сырьевой базы Республики Казахстан, экономического роста государства и благосостояния общества.

Помимо объекта и принципов государственное управление недрами отличает присущая ему система, сформированная из различных государственных органов, наделенных соответствующими полномочиями и функциями по управлению недрами.

Сегодня функции управления государственным имуществом в сфере недропользования возложены на разные государственные органы в зависимости от видов полезных ископаемых: Министерство энергетики РК – углеводородное сырье и уран, Министерство индустрии и инфраструктурного развития РК – твердые полезные ископаемые, Министерство сельского хозяйства – подземные воды, местные исполнительные органы областей и городов республиканского значения – общераспространённые полезные ископаемые, Министерство геологии, экологии и природных ресурсов – вопросы развития геологии.

Сегодня государство выступает в качестве субъекта управления, осуществляет управление своим имуществом – государственным фондом недр, выставляя территорию для предоставления права недропользования и выдавая лицензии на пользование недрами. Государственное имущество как объект управления предоставляется во временное пользование инвесторам, и факт предоставления права пользования оформляется специальным государственным разрешением в виде лицензии. В лицензии фиксируются права и обязанности инвесторов, на законодательном уровне определены условия пользования недрами.

В результате осуществляется процесс управления государственным фондом недр через систему разрешительных и ограничительных мероприятий, направленных на решение тактических задач государства и достижение контрольных показателей, определенных минерально-сырьевой базой, долгосрочной и среднесрочной программами развития отрасли и экономики страны в целом. При этом

объектами стратегического управления выступают объекты как распределенного, так и нераспределенного фонда недр.

На основании вышеизложенного систему государственного управления недрами можно схематично отобразить следующим образом (рис. 1).

В составе факторов, определяющих состояние и результаты функционирования системы недропользования, важную роль играет государственное управление процессами ее жизнедеятельности, от эффективности которого зависит уровень использования потенциала территории.

Стимулирование проведения геологического изучения недр и геологоразведки для восполнения минерально-сырьевой базы Республики Казахстан и открытия новых месторождений путем привлечения частных инвестиций возможно в случае совершенствования всех вышеперечисленных составляющих направлений государственного управления недрами в Республике Казахстан.

В связи с этим по аналогии с опытом Западной Австралии, Канады и США – стран, достигших наилучшего опыта по управлению сферой недропользования, предлагается совершенствование подходов государственного управления недрами Казахстана для решения следующих задач:

– привлечение частных инвестиций в геологическое изучение и геологоразведку путем упрощения и совершенствования процедур для юниорных компаний и увеличение затрат по изучению территории, в том числе совершенствование административных подходов государственного управления недрами РК при предоставлении права недропользования в целях исключения барьеров для инвесторов, а именно: упростить требования по представлению заявления на получение права недропользования на двух языках (русском и казахском), а также в бумажном виде; упростить требования по подтверждению финансовых возможностей заявителя и др.;



Рис. 1. Система государственного управления недрами

– развитие геологической инфраструктуры, а также переориентирование геологической службы Казахстана на усиление предварительных исследований, картирования, анализа исторических данных на постоянной основе;

– создание Национального банка данных минеральных ресурсов с использованием современных инновационных подходов и возможностей. Это позволит автоматизировать процесс предоставления государственных услуг, расширить перечень оказания инновационных услуг, повысить скорость информирования населения в процессе принятия политических решений, выстроить адресный подход в сфере государственного управления, а также внедрить систему общественной экспертизы государственных решений;

– освобождение геологоразведки от налоговых нагрузок для повышения конкурентоспособности сферы недропользования Казахстана на мировом уровне.

Отечественные подходы в налогообложении недропользователей в сравнении со странами-лидерами в сфере недропользования оцениваются инвесторами и международными экспертами как весьма сложные и неконкурентоспособные. Указанное подтверждает, что в Казахстане требуется концептуальный пересмотр положений о налогообложении, что будет способствовать внедрению эффективных подходов государственного управления недрами и позволит создать благоприятную среду для развития горнодобывающей отрасли, стимулировать приток новых инвестиций и, соответственно, увеличить вклад в экономическое развитие страны.

В связи с этим предлагаются следующие изменения в режиме налогообложения недропользователей Республики Казахстан:

– исключение требований по налогу на добавленную стоимость (НДС 12 %) при проведении геологического изучения недр и разведки

полезных ископаемых, так как первым продуктом в недропользовании, который имеет рыночную стоимость, является минеральное сырье, которое подлежит налогообложению в соответствии со специальными платежами недропользователей;

– разрешить относить на вычеты расходы на геологическое изучение недр (ГИН), если результаты ГИН впоследствии не реализованы. Также по ТПИ разрешить относить на вычеты расходы по неуспешной разведке, по аналогии с механизмом, предусмотренным для УВС;

– в связи с переходом на международные стандарты подсчета запасов полезных ископаемых рекомендуется действующую систему определения НДПИ заменить на роялти, применив наилучшую мировую практику Канады, Боливии, Австралии, так как данный вид налогообложения горнорудной деятельности имеет целый ряд преимуществ: стимулирует недропользователей создавать глубокие переделы; облегчает администрирование; положительно влияет на привлечение инвестиций.

Проведенный анализ позволил разработать механизм совершенствования административных подходов государственного управления недрами РК.

Поставленная правительством РК цель по проведению реформ путем принятия Кодекса РК «О недрах и недропользовании» и улучшению инвестиционного климата, снижению административно-бюрократических барьеров при получении права недропользования, безусловно, достигнута. Указанное подтверждается тем фактом, что за 1 год действия Кодекса и Программы управления государственным фондом недр количество выданных лицензий на разведку ТПИ достигло 400 шт., данная цифра весьма впечатляющая за указанный период в сравнении с контрактами на недропользование по ТПИ, заключенными за 25 лет независимости нашей республики в количестве 538 шт.

Однако необходимо указать, что в компетентный орган поступило порядка 1404 заявлений на получение лицензий на разведку ТПИ.



Рис. 2. Количество поданных и рассмотренных заявлений на получение лицензии на разведку ТПИ

На рис. 2 виден высокий процент (66 %) отказов по предоставлению права пользования недрами, причины которых можно рассматривать как сдерживающие факторы для привлечения частных инвестиций в геолого-разведочные работы:

- требование о предоставлении подтверждения наличия у заявителя финансовых возможностей, достаточных для проведения операций по недропользованию;
- требование о подаче заявления на получение лицензии в электронном и бумажном виде;
- требование по предоставлению документов (заявление и приложения к нему) на русском и казахском языках;
- требование по наличию запрашиваемого участка недр в ПУГФН.

Подтверждение наличия у заявителя финансовых возможностей, достаточных для проведения операций по недропользованию, в основном осуществляется путем представления выписки об остатке и движении денег по банковскому счету. Вместе с тем Кодексом ужесточены требования к данной справке, так как необходимо показать постоянное наличие денежных средств (каждый день) в течение месяца, предшествовавшего дате подачи заявления. То есть, по сути, справка должна быть выдана за день до подачи заявления, указанное обстоятельство в ряде случаев делает невозможной подачу заявления для недропользователей из регионов, отдаленных от столицы Казахстана (по месторасположению компетентного органа).

Отрицательным моментом в данном случае является и второе требование о предоставлении заявлений в бумажном виде, что требует физического сопровождения документов в канцелярию компетентного органа и влечет трудовые и материальные затраты для заявителей. Такие же негативные последствия несет и необходимость представления заявления и всех прилагаемых к нему документов на двух языках (казахском и русском).

Особое внимание при управлении недрами следует уделить формированию

ПУГФН. Указанный программный документ заложен в Кодексе о недрах с целью осуществления управления государственным фондом недр системно, качественно и публично. Вместе с тем сложившаяся практика показывает бессистемность формирования данного правового акта. До настоящего времени Комитет геологии осуществлял формирование ПУГФН исключительно путем сбора и обработки (на свободу и неограниченность от недропользования) заявлений о включении участка недр в ПУГФН для возможности получения лицензии.

Такая практика подтверждает слабую геологическую изученность территории и отсутствие видения уполномоченных органов при разработке программы. Данное обстоятельство сложилось из-за неэффективной структуры государственных органов, уполномоченных управлять недрами, отсутствия необходимой инфраструктурной информационной системы в сфере недропользования, позволяющей наглядно проследить происходящие изменения и спланировать дальнейшие этапы развития данной отрасли. В связи с этим предлагается пересмотреть вышеуказанные требования к заявителям: устранить причины, препятствующие получению лицензий на недропользование, и создать необходимую инфраструктуру в сфере геологии и недропользования.

Заключение и выводы. Таким образом, внедрение и реализация предлагаемых изменений по совершенствованию государственных подходов при государственном управлении недрами создают условия для:

- роста инвестиций за счет совершенствования административных подходов государственного управления недрами РК, обеспечения прозрачности информации, поддержки новых стандартов, упрощенного способа получения прав недропользования;
- снижения коррупциогенности в сфере геологии и недропользования и сокращения трудозатрат на реализацию государственных функций за счет создания современной геоло-

гической инфраструктуры и применения инновационных возможностей при реализации контрольных функций компетентных органов;

– обеспечения справедливой доходности для государства от поступающих налогов, а также получения инвесторами справедливой прибыли от своих инвестиций.

Библиографический список

1. Nikitina N. Mineral Resource Dilemma: How to Balance the Interests of Government, Local Communities and Abiotic Nature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017;11(9):8632-8644. DOI: [10.3390/ijerph110908632](https://doi.org/10.3390/ijerph110908632)
2. *Peru Mining Law*. URL: <http://www.iclg.co.uk/practice-Areas/mininglaw/mining-law-2016/peru> [Accessed: June 28, 2016]
3. *The Chilean Copper Commission (COCHILCO), Ministry of Mining, Government of Chile* URL: <http://www.cochilco.cl/english/legislation/laws.asp> [Accessed: June 28, 2016]
4. *The Canadian Minerals and Metals Plan*. MinesCanada.ca. 52 с.
5. Strauch B., Korolchenko A. Mining activities in the focus of investors Common characteristics and differences of the German, French, Russian and Japanese mining law [Bergbau im Fokus der Investoren Gemeinsamkeiten und Unterschiede des deutschen, französischen, russischen und Japanischen Bergrechts]. *World of Mining – Surface and Underground*. 2011;63(3):156-161.
6. Allanina L. M., Khairullina N. G., Zyleva N. V., Ruf Y. N., Permyakov A. V., Mikhailova M. N., Aleksanrovish G. V. Legal regulation of subsurface use – In Russia: Actual problems. *International Journal of Environmental and Science Education*. 2016;11(18):12471-12485.
7. Maralbaev A. O., Usupaev Sh. E. Legislation and regulatory framework and its improvement in subsoil use in Kyrgyzstan. *Gornyi Zhurnal*. 2016;8:28-32. DOI: [10.17580/gzh.2016.08.05](https://doi.org/10.17580/gzh.2016.08.05)
8. *Argentina Mining Law*. URL: <http://www.iclg.co.uk/practice-Areas/mining-law/mining-law-2016/argentina> [Accessed: June 28, 2016]
9. *Ghana Mining Law*. URL: <https://www.africanlawbusiness.com/publications/mining-law/mining-law-2016/ghana/q-And-A> [Accessed: June 28, 2016]
10. *Madagascar Mining Law*. URL: <https://www.africanlawbusiness.com/publications/mining-law/mining-law-2016/madagascar/q-And-A> [Accessed: June 28, 2016]
11. *Tanzania Mining Act*. URL: https://mem.go.tz/wp-content/uploads/2014/02/0013_11032013_Mining_Act_2010.pdf [Accessed: June 28, 2016]
12. *Кодекс Республики Казахстан «О недрах и недропользовании» от 27.12.2017*. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан Эділет.
13. Есеналиев А. Е., Тоханова Р. Ж., Кожаниязов Е. И. Понятие государственного управления в области недропользования в Республике Казахстан. *Современные проблемы науки и образования*. 2013;(6):7.
14. *A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals*. URL: <https://www.court-housenews.com/wp-content/uploads/2019/06/minerals-strategy.pdf>
15. Ashley Stedman and Kenneth P. Green Survey of mining companies. *Fraser Institute Annual*. 2018. 86 p.
16. *Extractive Industries Transparency Initiative (Инициатива прозрачности добывающих отраслей)*. URL: <https://eiti.geology.gov.kz>
17. Бережная Л. И. Показатели эффективности процесса управления федеральным фондом недр. *Геология нефти и газа*. 2009;(4):61–67.
18. Пасечник О. С., Романюк Л. В. Понятие и функции государственного управления в сфере недропользования. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Юридические науки*. 2016;2(68)(4):97-105.
19. Лекторова Ю. Ю. Социология государственного управления в условиях информатизации общества: региональный опыт. *Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки*. 2016;(2):68–77.
20. Рудь В. В. Анализ объектов и экономико-правовых механизмов управления государственной собственностью на недра. *Разведка и охрана недр*. 2009;(2):62-66.
21. Таханова С. С. Управление недрами Республики Бурятия. *Разведка и охрана недр*. 2017;(9):3-10.

References

1. Nikitina N. Mineral Resource Dilemma: How to Balance the Interests of Government, Local Communities and Abiotic Nature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017;11(9):8632-8644. DOI: [10.3390/ijerph110908632](https://doi.org/10.3390/ijerph110908632)
2. *Peru Mining Law*. URL: <http://www.iclg.co.uk/practice-Areas/mininglaw/mining-law-2016/peru> [Accessed: June 28, 2016]
3. *The Chilean Copper Commission (COCHILCO), Ministry of Mining, Government of Chile* URL: <http://www.cochilco.cl/english/legislation/laws.asp> [Accessed: June 28, 2016].
4. *The Canadian Minerals and Metals Plan*. MinesCanada.ca. 52 с.
5. Strauch B., Korolchenko A. Mining activities in the focus of investors Common characteristics and differences of the German, French, Russian and Japanese mining law [Bergbau im Fokus der Investoren Gemeinsamkeiten und Unterschiede des deutschen, französischen, russischen und Japanischen Bergrechts]. *World of Mining – Surface and Underground*. 2011;63(3):156-161.
6. Allanina L. M., Khairullina N. G., Zyleva N. V., Ruf Y. N., Permyakov A. V., Mikhailova M. N., Aleksanrovish G. V. Legal regulation of subsurface use – In Russia: Actual problems. *International Journal of Environmental and Science Education*. 2016;11(18):12471-12485.
7. Maralbaev A. O., Usupaev Sh. E. Legislation and regulatory framework and its improvement in subsoil use in Kyrgyzstan. *Gornyi Zhurnal*. 2016;8:28-32. DOI: [10.17580/gzh.2016.08.05](https://doi.org/10.17580/gzh.2016.08.05)
8. *Argentina Mining Law*. URL: <http://www.iclg.co.uk/practice-Areas/mining-law/mining-law-2016/argentina> [Accessed: June 28, 2016]
9. *Ghana Mining Law*. URL: <https://www.africanlawbusiness.com/publications/mining-law/mining-law-2016/ghana/q-And-A> [Accessed: June 28, 2016]
10. *Madagascar Mining Law*. URL: <https://www.africanlawbusiness.com/publications/mining-law/mining-law-2016/madagascar/q-And-A> [Accessed: June 28, 2016]
11. *Tanzania Mining Act*. URL: https://mem.go.tz/wp-content/uploads/2014/02/0013_11032013_Min-ing_Act_2010.pdf [Accessed: June 28, 2016]
12. *Code of the Republic of Kazakhstan "On Subsoil and Subsoil Use" of December 27, 2017*. Edilet (Justice) Information and legal system of regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan
13. Есеналиев А. Е., Тоханова Р. Ж., Кожаниязов Е. И. Понятие государственного управления в области недропользования в Республике Казахстан. *Современные проблемы науки и образования*. 2013;(6):7.
14. *A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals*. URL: <https://www.court-housenews.com/wp-content/uploads/2019/06/minerals-strategy.pdf>
15. Ashley Stedman and Kenneth P. Green Survey of mining companies. *Fraser Institute Annual*. 2018. 86 p.
16. *Extractive Industries Transparency Initiative (Инициатива прозрачности добывающих отраслей)*. URL: <https://eiti.geology.gov.kz>
17. Berezhnaya L. I. Performance indicators of the Federal subsoil fund management. *Geologiya nefi i gaza*. 2009;(4):61–67.
18. Pasechnik O. S., Romanyuk L. V. The concept and functions of public administration in subsoil use. *Proceedings of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Yuridicheskie nauki*. 2016;2(68)(4):97-105.
19. Lektorova Yu. Yu. Sociology of public administration in the conditions of society informatization: regional experience. *Vestnik PNIPU*. 2016;(2):68–77.
20. Rud' V. V. Analysis of objects and economic and legal mechanisms for managing state ownership of the subsoil. *Razvedka i okhrana nedr*. 2009;(2):62-66.
21. Takhanova S. S. Subsoil management in the Republic of Buryatia. *Razvedka i okhrana nedr*. 2017;(9):3-10.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-318-335

Обоснование внедрения категорийной стратегии закупок на уранодобывающих предприятиях

Б. К. Космуратов

АО НАК «Казатомпром», г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Аннотация: Актуальность работы обусловлена следующими основными предпосылками: необходимостью совершенствования закупочной деятельности в соответствии с задачами, поставленными Правительством Республики Казахстан, в которых указано на необходимость кардинального пересмотра подходов по проведению закупок в квазигосударственном секторе, сфере естественных монополий и недропользования; необходимостью оптимизации расходов компании и снижения себестоимости продукции в условиях высококонкурентной ситуации на рынке природного урана за счёт внедрения категорийной закупочной стратегии; необходимостью обеспечения эффективности и прозрачности закупочной деятельности Компании за счёт внедрения категорийной стратегии закупочной деятельности. Целью работы является обоснование эффективности реализации мероприятий по внедрению на уранодобывающих предприятиях системы категорийного управления закупочной деятельностью. Категорийная стратегия закупок – это внедрение совершенно нового механизма, который в отличие от действующей системы предусматривает достижение экономической эффективности в течение всего жизненного цикла товара, работы или услуги. Данная система внедряется впервые в Компании при полном отсутствии практики подобных реализаций в республике. В работе произведен анализ современного состояния закупочной деятельности уранодобывающих предприятий, выявлены и сегментированы проблемные зоны закупочной деятельности, определены направления ее оптимизации. Кроме того, произведено обоснование эффективности внедрения категорийной стратегии закупок на предприятии и разработаны мероприятия по формированию категорийной стратегии закупок в Компании по основным группам товаров.

Ключевые слова: категория закупок, закупочная категорийная стратегия, категорийный менеджер, оптимизация, уран, уранодобывающие предприятия

Для цитирования: Космуратов Б. К. Обоснование внедрения категорийной стратегии закупок на уранодобывающих предприятиях. *Горные науки и технологии*. 2020;5(4):318-335. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-318-335

Justification of category procurement strategy implementation at uranium mining enterprises

B. K. Kosmuratov

NAC Kazatomprom JSC, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

Abstract: The study relevance is supported by the following: the need to improve procurement activities in accordance with the tasks set by the Government of the Republic of Kazakhstan, which indicate the need for radical revision of approaches to procurement in the quasi-public sector, natural monopolies, and subsoil use sector; the need to optimize NAC Kazatomprom JSC (the Company)'s expenses and reduce the cost of production in highly competitive situation at the natural uranium market through implementing category procurement strategy; the need to ensure efficiency and transparency of the Company's procurement through the implementation of category procurement strategy. The study aim is to substantiate effectiveness of the category procurement strategy implementation at uranium mining enterprises. The category procurement strategy is a completely new approach, which, unlike the current system, provides for achievement of economic efficiency throughout the entire life cycle of a product, work, or service. This system is being implemented for the first time in the Company and has no analogues in the country. The paper analyzed the current state of procurement activities of the uranium mining enterprises, identified and segmented problem areas of the activities, determined directions of their optimization. In addition, effectiveness of the category procurement strategy implementation at the enterprise was substantiated, and measures were developed to form the category procurement strategy in the Company for the main groups of goods.

Keywords: procurement category, category procurement strategy, category manager, optimization, uranium, uranium mining enterprises

For citation: Kosmuratov B. K. Justification of category procurement strategy implementation at uranium mining enterprises. *Gornyye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2020;5(4):318-335. (In Russ.) DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-318-335

Используемые в работе термины и сокращения

Категория закупок (Категория) – группа товаров и/или группа работ и/или услуг, которые не являются идентичными, при этом объединяются в одну группу на основании одинаковых характерных признаков или схожих атрибутов, технических и иных характеристик, обеспечивающих выполнение схожих функций. При объединении номенклатурных позиций товаров, пород и услуг (ТРУ) в Категорию закупок учитываются такие факторы, как наличие общего рынка поставщиков, одинаковая технология производства, принадлежность к одной сфере деятельности и пр.

Закупочная категорийная стратегия – документ, определяющий оптимальный подход к закупке товаров, работ и услуг исходя из максимизации выгод в долгосрочной или краткосрочной перспективе. Стратегия включает в себя выводы, сделанные на основе результатов проведенного Закупочной категорийной группой анализа расходов прошлых периодов, будущей потребности рынка поставок, требований бизнеса и т.п.

Категорийный менеджер – сотрудник, ответственный за анализ рынка потенциальных поставщиков, выявление резервов для повышения эффективности во внутренней и внешней среде, за анализ тенденций технологического развития, выработку решения по организации закупки и выбору поставщика, а также за разработку коммерческой части Закупочной категорийной стратегии.

ДЗО – дочерние зависимые предприятия, пятьдесят и более процентов голосующих акций (долей участия) которых прямо или косвенно принадлежат АО «НАК «Казатомпром»

на праве собственности или доверительного управления.

Анализ существующих процедур организации закупок, мониторинг и аудит закупочных процессов на предприятии

Реализация моделей закупки в настоящее время – это масштабная экспертно-аналитическая задача с использованием методов и приемов анализа и обработки больших объемов данных, освещенная в ряде международных исследований [1–3]. Современные информационные технологии лежат в основе повышения эффективности закупочной деятельности и улучшения основных экономических показателей промышленного предприятия. Анализ передовых мировых практик в сфере закупочной деятельности промышленного предприятия позволяет реализовать экономическую концепцию создания прозрачного и конкурентного рынка [4–6].

Основной целью данной категорийной стратегии является получение экономических выгод на этапе проведения закупки путем снижения стоимости товаров поставщика за счет увеличения объемов закупки заказчика [7].

Процедура организации закупки выглядит следующим образом:

1. Определение единого Организатора для всех предприятий периметра ДЗО посредством направления соответствующего письменного уведомления в срок до трех рабочих дней с даты утверждения соответствующих изменений в категорийную стратегию управления.

2. Определение единым Организатором состава рабочей группы для проведения процедуры переговоров с потенциальными поставщиками.

3. Формирование единым Организатором необходимых составляющих для проведения процедуры переговоров с потенциальными поставщиками: направление приглашения поставщикам с учетом требований аттестации; ознакомление потенциальных поставщиков с условиями заказчиков, в том числе существенными условиями договоров; получение данных о ценовых предложениях потенциальных поставщиков; дополнительные процедуры по возможности снижения цен на топливо (при необходимости); формирование протокола итогов проведения переговоров с потенциальными поставщиками.

4. Согласование единым Организатором итогов переговоров и способа закупки с Фондом в течение пяти календарных дней со дня, следующего за днем поступления материалов закупок.

5. По факту получения согласования Фонда в течение одного рабочего дня единый Организатор направляет предприятиям периметра ДЗО пакет документов для проведения процедуры формирования и утверждения решения коллегиального исполнительного органа/наблюдательного совета.

6. В течение трех рабочих дней со дня получения решения коллегиального исполнительного органа/наблюдательного совета

предприятия периметра ДЗО заключают договор с поставщиком на поставку топлива согласно условиям, оговоренным в протоколе единого Организатора по факту проведения процедуры переговоров с потенциальными поставщиками.

Согласно вышеприведенным расчетам по анализу данных внутренней среды одним из необходимых элементов реализации первого этапа данной категорией стратегии – централизованных закупок – является разработка критериев проведения предварительной квалификации поставщиков (рис. 1) [8]. Указанные элементы необходимо применять для проведения закупочных процедур – первого этапа открытого тендера.

Процедура закупок любым из способов, регламентированных Правилами, в обязательном порядке предусматривает наличие проекта договора о закупке, который подписывается поставщиком – победителем закупки по факту признания его таковым.

Процедура консолидированных закупок предусматривает организацию закупок единым Организатором с последующим заключением договоров предприятиями периметра ДЗО [9, 10].

В качестве основы для выбора вида контракта рассмотрим схемы его организации (рис. 2).

№	Наименование документа	Требования	Вид документа	Обоснование применения
1	Ценовое предложение	Снижение стоимости от консолидации объемов	Анкета (по форме, предусмотренной тендерной документацией)	Снижение стоимости товара в общей сумме цены
2	Паспорт качества по продукции завода-изготовителя	Качество товара	Нотариально-засвидетельствованная копия	Подтверждение качества товара и статуса производителя товара
3	Технический паспорт на емкости или договор аренды	Хранение товара	Нотариально-засвидетельствованная копия	Наличие собственных или арендованных складских мощностей общим объемом не менее 100 тонн в сутки
4	Аккредитованная лаборатория (аттестат с приложением или договор оказания услуг)	Качество товара	Нотариально-засвидетельствованная копия	Гарантия приобретения товара, соответствующего заявленным в паспорте, сертификате и пр. требованиям
5	Ресурсная справка	Надежность поставок	Оригинал	Подтверждение производственной мощности: не менее 50 тонн в сутки дизельного топлива и 3 тонн в сутки – бензина
6	Справка налогового органа	Надежность поставок	Документ, выданный порталом налогового органа	Подтверждение положительной налоговой истории поставщика

Рис. 1. Критерии проведения предварительной квалификации поставщиков

Fig. 1. Supplier prequalification criteria

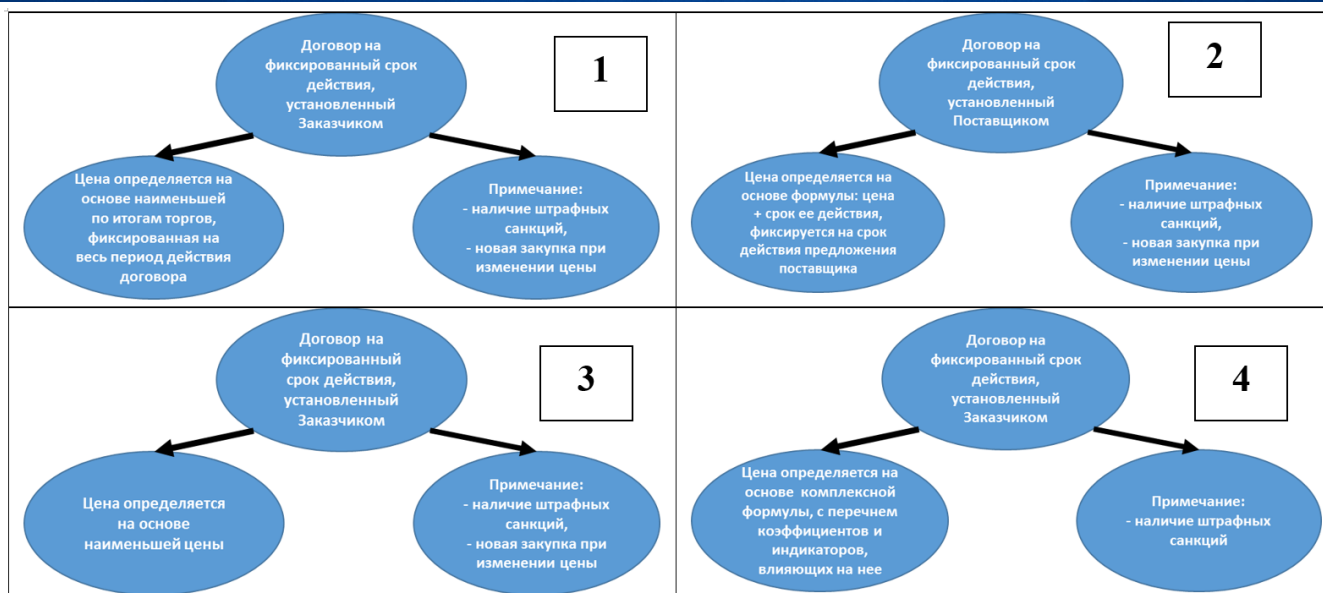


Рис. 2. Варианты выбора вида контракта

Fig. 2. Options for contract type selection

Наиболее приемлемым из перечисленных вариантов условий договоров является первый, так как срок его действия фиксируется, так же как и цена поставщика. Кроме того, внесение изменений в договоры в части увеличения стоимости товара не предусмотрено нормативно-правовыми актами, регулирующими закупочную деятельность предприятий периметра ДЗО [11, 12].

Данная категорийная стратегия рассчитана на получение экономического эффекта в течение ближайших 12 календарных месяцев с начала ее реализации, с учетом срока переходного периода. В связи с чем договор, как и сама закупка, должны предусматривать следующие условия, позволяющие реализовать стратегию в полном объеме:

- поставка товара осуществляется в течение года по заявкам единого Заказчика; отгрузка топлива по заявке производится в течение 10 (десяти) календарных дней со дня получения последней от единого Заказчика (условия основаны на опыте ведения поставок ТОО «Торгово-транспортная компания» и позволяют минимизировать расходы на хранение запасов топлива);

- оплата товара производится по факту его поставки (партии по заявке) в течение

20 (двадцати) операционных дней (снижение максимально возможных сроков оплаты способствует мотивации поставщика к участию в закупках);

- наличие штрафных санкций:

- в случае нарушения поставщиком сроков поставки товара поставщик обязан по требованию единого Заказчика выплатить пеню в размере 1 % от общей суммы договора за каждый календарный день просрочки до дня фактического исполнения поставщиком своих обязательств по договору, но не более 10 % от общей суммы договора;

- в случае поставки товара ненадлежащего качества поставщик обязан по требованию единого Заказчика уплатить штраф в размере 10 % от общей суммы договора.

Срок подписания договора зависит от решений исполнительных органов предприятий периметра ДЗО, утверждающих закупки согласно пп. 10 п. 138 Правил закупок с применением конкурентного отбора поставщика и на основании решения коллегиального исполнительного органа/наблюдательного совета (в случае отсутствия коллегиального исполнительного органа/наблюдательного совета органом управления/высшим органом

(общее собрание участников) Заказчика, но не более 25 календарных дней – п. 125 Правил.

При этом в случае необходимости единый Организатор на этапе проведения переговоров с потенциальными поставщиками вправе применить альтернативные условия реализации категорийной стратегии по вариативным критериям (условия оплаты, сроки поставки товара, объём поставки и пр.), за исключением отсекающих – имеющих непосредственное отношение к критериям определения соответствия поставщиков требованиям категорийной стратегии (аттестация поставщиков, качество товара) [13, 14].

Приемка товаров на предприятиях периметра ДЗО осуществляется путем внутреннего контроля и контроля качества на предприятии на основе собственных внутренних документов.

Указанные документированные процедуры по организации приемки товаров учитывают требования систем менеджмента качества, профессиональной безопасности и охраны труда, а также экологического менеджмента. При необходимости создаётся соответствующая комиссия, осуществляющая приемку товара всем общим составом. В случае возникновения необходимости проведения анализа качества жидких товаров, поставляемых в емкостях, привлекается независимая аккредитованная лаборатория.

Определенное внимание уделяется технике безопасности приемки товаров, их осмотру, отгрузке, хранению и пр.

Способы оценки недостатков текущей деятельности заключаются в следующем. Мониторинг отчетов по исполнению договоров о закупках топлива предприятий периметра ДЗО выявил недостатки в части приобретения однородных видов товаров по нескольким местам поставки по различным ценам.

Мониторинг организации закупок предприятий периметра ДЗО выявил слабые стороны в процедурных моментах их реализации, в части отсутствия возможности покупателей приобретать товары с проведением предвари-

тельной аттестации поставщиков по более существенным условиям, не предусмотренным в утвержденных регламентирующих документах (во избежание посредников).

Основной целью разработки категорийной стратегии является устранение недостатков в закупочных процессах предприятий периметра ДЗО посредством проведения централизованных закупок. Данный рычаг реализации категорийной стратегии позволит нормализовать процесс планирования закупок, повысив его эффективность, а также снизить расходы при наличии равноценной стоимости однородных видов топлива для всех ДЗО.

Оптимизация потребности расходов топлива, как самостоятельный этап данной категорийной стратегии, базируется на необходимости нормирования расходов топлива, что при наличии соответствующих запасов и при тех же условиях производственной эксплуатации позволит снизить его потребление.

Автоматизация процессов учета, а также выписки путевых листов для транспортных средств, внедрение решений по увеличению эффективности и изменению внутренних процессов способствуют мониторингу расходов топлива и контролю его запасов, а также минимизируют уровень потерь. Реализация данной категорийной стратегии требует определенных затрат предприятий периметра ДЗО, их структура рассмотрена ниже. При этом необходимо отметить, что возникновение этих затрат зависит от присутствия соответствующих условий в нормативно-правовых актах [15, 16].

Реализация категорийной стратегии основана на организации консолидированных закупок посредством нескольких мест поставки – филиалов, что приведёт к возникновению изменений в схемах поставки товара для некоторых предприятий, транспортировка которым осуществлялась напрямую поставщиками топлива.

Анализ структуры и объемов закупок ГСМ и разработка приоритетных направлений реализации категорийной стратегии

АО «НАК «Казатомпром» – ведущая мировая компания, осуществляющая добычу урана способом подземного скважинного выщелачивания [17–19].

Основными критериями целей закупочной категорией стратегии являются: приобретение качественных товаров, работ и услуг (ТРУ), максимизация экономического эффекта при их закупке и использовании, технологическое усовершенствование, прозрачность критериев выбора потенциального поставщика, управление рисками.

Последовательность разработки закупочных категорией стратегий определяется критичностью категорией закупок.

Закупки ГСМ (топливо) относятся к категории закупок группы «А» и имеют достаточно высокий уровень критичности для предприятий АО «НАК «Казатомпром» (рис. 3) [20, 21].

Разработка категорией стратегии по топливу обеспечивает около 90 % производственных процессов ДЗО периметра (включая расходы на ГСМ по картам и талонам) и способна обеспечить достижение экономического эффекта в ближайшие 12 месяцев (крат-

кие сроки), а также реализовать высокую тиражируемость применения по предприятиям АО «НАК «Казатомпром».

АО «НАК «Казатомпром», как и все зависимые предприятия, не включенные в периметр ДЗО данной категорией стратегии, осуществляют закупки ГСМ (топливо) согласно действующим нормативно-правовым актам, регулирующим процесс осуществления закупок.

Объемы затрат СП на приобретение топлива достаточно значительны и в случае достижения положительного эффекта тиражирование данной категорией стратегии также возможно к применению в рамках требований нормативно-правовых актов, регулирующих действия этих предприятий. Реализация категорией стратегии в рамках действующих Правил для данных предприятий не представляется возможной.

Приоритетным направлением данной категорией стратегии является снижение совокупных прямых и косвенных затрат применения ГСМ, включая стадию закупки и процессы контроля и мониторинга его расходования. Поэтому цели и задачи данной категорией стратегии распределены по трем основным этапам (рис. 4).



Рис. 3. Анализ уровня критичности закупок товаров предприятиями АО «НАК «Казатомпром»

Fig. 3. Analysis of criticality level of purchases at enterprises of NAC Kazatomprom JSC



Рис. 4. Основные этапы реализации категорийной стратегии закупок ГСМ

Fig. 4. The main stages of implementation of category procurement strategy for fuels and lubricants

Реализация первого этапа – снижение закупочных цен посредством консолидации объемов и унификации технических характеристик и мест поставки, в том числе путем исключения посредников среди поставщиков топлива. С этой целью процесс консолидации объемов закупок рассматривается как объединение потребности топлива в количественном выражении для проведения централизованных закупок единым организатором посредством проведения закупки на условиях поставки перевалочных баз ТОО «Торгово-транспортная компания»: ст. Шиели, Кызылординская область, и ст. Жанатас, Южно-Казахстанская область. При этом подписание договора с поставщиком топлива и мониторинг его исполнения осуществляются каждым ДЗО периметра самостоятельно.

Два последующих этапа стратегии, указанных в вышеприведенной схеме, являются перспективой развития данной категорийной стратегии и подлежат внедрению по факту завершения первого ее этапа, что позволит достичь значительного положительного эффекта в полном цикле применения топлива – от закупки до физического потребления.

Для определения существующего расхода в периметре ДЗО: расходы, потребление, качественные показатели топлива и прочее, необходимо провести анализ внутренней среды.

Анализ ретроспективных затрат показывает значительные расходы периметра ДЗО на приобретение дизельного топлива летнего, которое используется в том числе непосредственно в производственных процессах.

Согласно данным проведенного анализа наблюдаются следующие тенденции:

- снижение уровня расходов на приобретение бензина АИ-80 ввиду снижения его производства на заводах-производителях и, соответственно, потребления предприятиями периметра ДЗО;

- указанная тенденция естественно повлияла на увеличение расходов по закупкам бензина АИ-92(93) – более дорогой и качественный аналог первого вида топлива;

- снижение уровня расходов на приобретение дизельного топлива обоих видов продиктовано климатическими изменениями – теплый зимний период, а также фактическим снижением цен на данный вид ГСМ, физический объем потребления в большинстве случаев остался без изменений.

Результаты анализа внутренней структуры поставок топлива на основе данных последнего финансового года позволили сделать следующие выводы.

Предприятия периметра ДЗО осуществляют самостоятельную работу по определению стоимости топлива, выбору способа заку-

пок и периодичности их проведения, установлению уровня соответствия поставщика топлива требованиям заказчика и пр. При этом необходимо отметить, что основные поставки топлива осуществляются посредством нескольких мест – перевалочных баз ТОО «Торгово-транспортная компания».

Исторические данные периметра ДЗО (заключенные договоры) по закупкам топлива, в том числе в 2015 г., характеризуют отсутствие определенностей: в ценовом диапазоне – колебания стоимости топлива достигают 66%; в диапазоне взаимодействия ДЗО периметра находятся поставщики разного уровня происхождения – от непосредственных производителей топлива до посредников.

Предлагается провести анализ этих данных и определить закономерности установления цен и стратегии поставщиков по работе с предприятиями периметра ДЗО.

Сведения о средневзвешенных ценах поставщиков по поставкам четырех видов топлива показывают, что предприятия периметра ДЗО приобретают однородные виды товаров по различным ценам с учетом одинаковых мест поставки.

Кроме того, огромное значение для определения поставщика топлива имеют процедуры проведения закупок, определенные Правилами:

1) неоднократное проведение закупок способом открытого тендера, ввиду признания их несостоявшимися по тем или иным причинам (отсутствие заявок, признание их несоответствующими требованиям заказчиков и пр.);

2) проведение закупок способом из одного источника как по факту признания открытого тендера несостоявшимся, так и на период ежедневной /еженедельной потребности;

3) заключение многочисленных договоров на поставку топлива исходя из первых двух перечисленных причин с различными поставщиками;

4) установление различных значений цен на стоимость ГСМ, ввиду реализации условий пп. 1, 2, 3, при наличии одинаковых мест поставки.

Анализ парка оборудования, его характеристик и производственных показателей позволил выявить его структуру и объемы.

Оценка основных источников потребления топлива, рассматриваемого в данной категорией стратегии, позволит изучить необходимость снижения расходов, а также его совершенствования путем нормирования.

Таким образом, совершенствование процесса нормирования потребления топлива, в том числе указанными источниками, будет способствовать снижению расходов ДЗО на приобретение ГСМ, что соответствует 2-й и 3-й цели данной категорией стратегии и возможно на следующих этапах реализации – по факту завершения процесса консолидации закупок.

Для реализации категорией стратегии необходимо рассмотреть методы пополнения запасов, а также необходимость наличия и объемов страховых/аварийных запасов.

Анализ представленных данных по ёмкостному оснащению перевалочных баз позволяет судить о том, что разные виды топлива разливаются по соответствующим независимым емкостям, что также способствует увеличению пропускной способности баз и возможности обеспечения топливом в самые пиковые моменты. ТОО «Торгово-транспортная компания» имеет достаточные складские мощности, в том числе для хранения дополнительных объемов топлива ДЗО (страховые или аварийные запасы).

С целью оценки определения уровня покрытия возможностей перевалочных баз в пиковые периоды потребления (сезонность) проведен анализ прихода и расхода топлива в один из таких месяцев – сентябрь (уборочный период и подготовка к отопительному сезону).

На основании представленных данных можно сделать следующие выводы:

- для анализа получены данные по дизельному топливу летнему, являющемуся самым востребованным видом топлива в периметре ДЗО;

- складские мощности перевалочных баз имеют достаточные возможности покрытия

потребностей предприятий периметра ДЗО для хранения/переработки/потребления необходимого объема топлива даже в самые пиковые периоды.

Ранее отмеченные факты неритмичности как прихода, так и расхода топлива (корректировка и баланс запасов), возможно наладить после разработки и внедрения модели пополнения запасов, способствующей удовлетворению потребностей предприятий периметра ДЗО и снижению необходимости замораживания оборотного капитала для хранения излишних запасов топлива. Использование емкостей для двух видов топлива (зимнего и летнего) в соответствующие сезоны позволяет применять единую модель пополнения запасов.

Однако разработка модели пополнения запасов в настоящий момент является нецелесообразной ввиду планируемого проведения консолидации объемов закупок и будет уместна в рамках внедрения второго этапа категорийной стратегии – нормирования потребления.

Таким образом, проведенный анализ внутренней среды позволяет говорить о том, что предприятия периметра ДЗО проводят неоднократные процедуры закупок топлива в силу признания последних несостоявшимися по различным причинам (отсутствие заявок поставщиков, отказ от поставок и пр.). Кроме того, рыночные колебания цен, в том числе на сырье, девальвация и прочие внешние обстоятельства также способствуют увеличению количества закупок и, соответственно, увеличению количества поставщиков топлива, что предполагает отсутствие экономии по стоимости топлива (при наличии однородных мест поставки товара) и наличие претензий к качественному его составу (смешивание топлива различных поставщиков/производителей). Кроме того, поставка топлива включает в себя оплату налога – акциза, который также включается в стоимость товара, предназначенного для дальнейшей транспортировки ТОО «Торгово-транспортная компания» на предприятия периметра ДЗО.

На основании изложенного реализация процедуры консолидации закупок имеет достаточный потенциал для получения определенных эффектов, что позволит решить многие вопросы и достичь значительных положительных результатов:

- снижение стоимости товара (получение скидки) при увеличении (консолидации) объема его закупки;

- установление единой цены по однородным местам поставки на одинаковый товар для всех ДЗО;

- сотрудничество с производителями малой мощности (до 800 тыс. т в год) в регионе местоположения предприятий периметра ДЗО (Южно-Казахстанская и Кызылординская области), что позволит снизить расходы поставщиков-производителей на доставку топлива;

- реализация категорийной стратегии посредством использования перевалочных баз ТОО «Торгово-транспортная компания», так как возможности последних позволяют обеспечить предприятия периметра ДЗО топливом, в том числе на период сезонных обострений (посевная/уборочная кампании, а также отопительный сезон);

- исключение оплаты дополнительного акцизного сбора ввиду назначения ТОО «Торгово-транспортная компания» организатором закупки (изменение роли поставщика), а также заключение договора на поставку топлива ДЗО непосредственно с поставщиком – победителем закупки – позволят получить выгоду от управления поставками ГСМ, в том числе экономическую.

Анализ состояния внешней среды, ее структуры, каналов сбыта и формирование портфеля приоритетных поставщиков для проведения закупочных процедур на целевом рынке ГСМ

Существующая схема поставки топлива (рис. 5) имеет свои особенности. Производители топлива (НПЗ) не имеют собственных источников сырья, последнее они приобретают с целью дальнейшей реализации готового продукта или

перерабатывают давальческое сырье и возвращают полученное топливо владельцам. Оптовый поставщик топлива вправе купить его у производителя и осуществлять продажу только розничным (АЗС) или конечным оптовым потребителям. Основной проблемой в производстве топлива является государственное регулирование путем утверждения графиков поставки нефти, графиков ее переработки (кроме НПЗ малой мощности – 800 тыс. т в год).

Определение портфеля приоритетных поставщиков для проведения закупочных процедур производится следующим образом. Конкурентной средой поставщиков для реализации данной категорийной стратегии управления ГСМ (топливо) являются производители, а именно миниНПЗ.

Согласно историческим данным предприятий периметра ДЗО основная доля поставок топлива приходится на оптовых поставщиков (посредников) топлива.

Закупки ГСМ проводятся среди различных категорий поставщиков и по разным ценам, что предполагает наличие потенциала для проведения процедуры консолидации закупок.

При этом сотрудничество непосредственно с производителями топлива способствует исключению посредников в процессе поставки топлива

и позволяет добиться определённых скидок по стоимости товара, а также уменьшить уровень затрат на его транспортировку.

Разработка данной категорийной стратегии основывается на построении взаимовыгодных отношений с поставщиком(ами), не только способным предложить скидки по стоимости товара, но и осуществляющим поставки качественного топлива в оговоренные сроки.

На сегодняшний день на топливном рынке Республики Казахстан ведущая роль в производстве топлива принадлежит трем крупным нефтеперерабатывающим заводам.

1. Павлодарский нефтехимический завод (ПНХЗ) – крупнейшее в Казахстане предприятие по переработке нефти, производству и реализации нефтепродуктов. ПНХЗ выпускает бензин, дизельное, реактивное топливо, мазут, газ, нефтяной битум, кокс и серу. Проектная мощность завода составляет 7,5 млн т нефти в год. Глубина переработки нефти – около 85 %. Акционерами ПНХЗ являются ТОО Refinery Company RT (дочернее предприятие АО «КазМунайГаз – переработка и маркетинг») – 58 % акций, и АО ФНБ «Самрук-Казына» – 42 % акций.

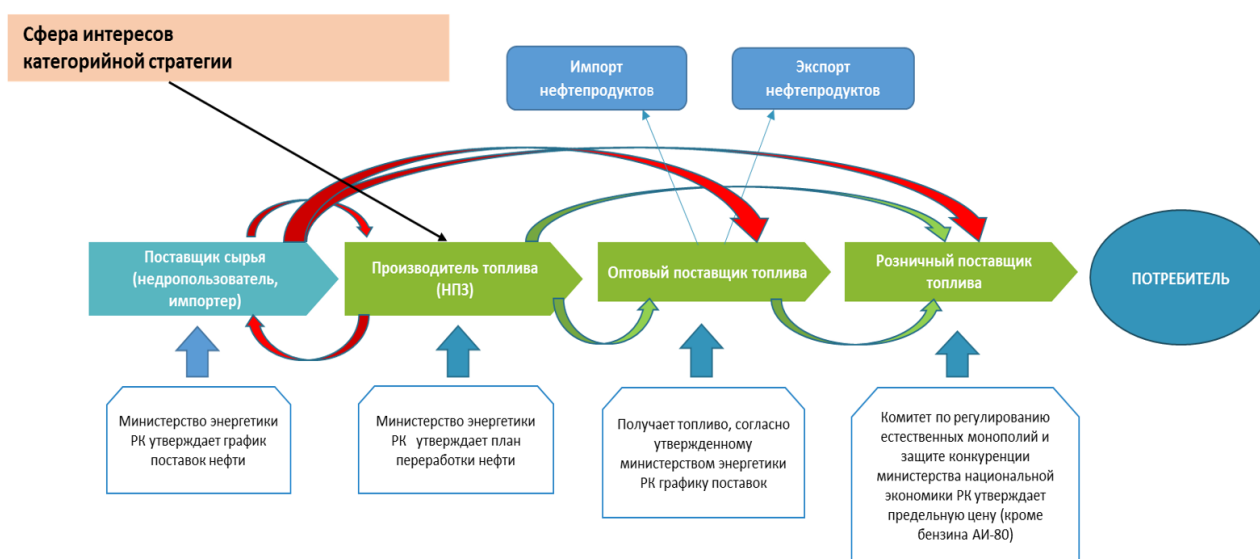


Рис. 5. Анализ особенностей существующей схемы поставки топлива и сфера интересов категорийной стратегии

Fig. 5. Analysis of the features of the existing fuel logistic structure and the area of interest for category strategy

2. Шымкентский нефтеперерабатывающий завод (ШНПЗ) ТОО «ПетроКазахстан Ойл Продактс» (ПКОП) с мощностью до 6 млн т в год. Построенный в 1985 г., завод является самым новым из трех НПЗ Казахстана. ШНПЗ обеспечивает около 35 % от общего объема производства нефтепродуктов в Республике Казахстан. Доля АО «КазМунайГаз – переработка и маркетинг» в ПКОП составляет 49,7 %, CNPC принадлежит 50,3 %.

3. Проектная мощность переработки нефти ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод» (АНПЗ) составляет 5 млн т в год. 99,5 % доли участия в АНПЗ принадлежит АО «КазМунайГаз – переработка и маркетинг».

Все вышеуказанные заводы не продают изготовленное топливо напрямую, так как не являются владельцами сырья. Основным источником их жизнедеятельности является переработка давальческого сырья. Кроме того, данные предприятия имеют свой собственный график отгрузок готового топлива, который не зависит от потребностей предприятий-заказчиков, что может привести к затовариванию последних в случае получения полного объема произведённого топлива одновременно.

Среднегодовой объем потребления дизельного топлива в Казахстане составляет 4,7 млн т в год. Три казахстанских НПЗ ежегодно отгружают 4–4,2 млн т дизельного топлива. Недостающие 300–600 тыс. т – импортируются из России. Рынок поставок топлива данных поставщиков уже распределен и внедрение в его ряды представляется достаточно проблематичным по причине незаинтересованности крупных производителей топлива в объемах закупок, в том числе периметра ДЗО – не более 0,6 % от общего объема крупных НПЗ.

В связи этим основная поставка произведённого ими топлива осуществляется посредством их дистрибьюторов/дилеров и прочих посредников. Работа с посредниками данных заводов сопряжена с риском возникновения ситуаций разбавления топлива, что представляет угрозу для дальнейшего его применения, в том

числе при перевозках опасных грузов. Также при наличии соответствующей маржинальной составляющей данных посредников стоимость товара увеличивается, в том числе на размер акциза, который содержится в дальнейших поставках потребителям, в том числе для ДЗО.

Кроме того, опыт работы с указанными поставщиками сопряжен с проблемами в реализации поставок топлива. Так, на примере закупок ТОО «Торгово-транспортная компания», выявлено недобросовестное отношение поставщика, признанного победителем закупки по итогам открытого тендера № 78-16 (261779) – ТОО «Ocean Trade». Указанный поставщик предлагал к поставке топливо производства ТОО «ПетроКазахстан Ойл Продактс», но на этапе подписания договора отказался от последнего. По устному заявлению представителя ТОО «Ocean Trade» отгрузка топлива невозможна, ввиду отказа соответствующего завода отгрузить топливо.

Внутренние мощности нефтепереработки на трех базовых НПЗ – основной, однако не единственный источник предложения на топливном рынке Республики Казахстан. Свою скромную лепту вносят и отечественные мини-заводы. За июнь 2016 г. объемы отгрузки миниНПЗ упали на 51,2% по сравнению с показателем мая 2016 г. По итогам июля 2016 г. отгружено лишь 11 779 т дизельного топлива.

Согласно данным, представленным предприятиями периметра ДЗО, последние имеют положительный опыт работы с поставками миниНПЗ, как по качеству топлива, так и по цене. К таким предприятиям относятся: ТОО «B.N. GASOIL PROCESSING», ТОО «Жарас», ТОО «Амангельдинский ГПЗ», ТОО «КНПЗ».

В пользу сотрудничества с миниНПЗ стоит рассмотреть следующее:

- близость к местам расположения предприятий периметра ДЗО (Южно-Казахстанская и Кызылординская области);
- отсутствие претензий по качественным характеристикам топлива (согласно данным ДЗО);

- возможность покрытия необходимых для предприятий периметра ДЗО объемов.

Для дальнейших расчетов экономического эффекта процедуры консолидированных закупок, необходимо определить параметры прогнозирования.

Процесс реализации централизованных закупок включает в себя конечные мероприятия – заключение договора и поставку товара согласно заявке заказчика (ДЗО). С этой целью необходимо проработать вопрос о планировании объемов поставок по вышеуказанным заявкам, дабы исключить замораживание оборотного капитала поставщика и затоваривания перевалочных баз ТОО «Торгово-транспортная компания» излишками топлива в случае одновременной подачи заявок на большой

объем (превышающий необходимость) многими из заказчиков.

Таким образом, согласно приведенной схеме ТОО «Торгово-транспортная компания» согласует заявки ДЗО на поставку топлива прежде, чем они будут направлены непосредственно поставщику товара для исполнения. Данный мониторинг поставок топлива способствует равномерному распределению объемов по заказчикам и созданию только необходимого уровня его запасов.

Кроме того, немаловажным фактором является транспортная зависимость поставок топлива в ДЗО от месторасположения поставщиков. Для оценки зависимости транспортной составляющей в поставках топлива проведена работа по анализу месторасположения баз отгрузки топлива (рис. 6).

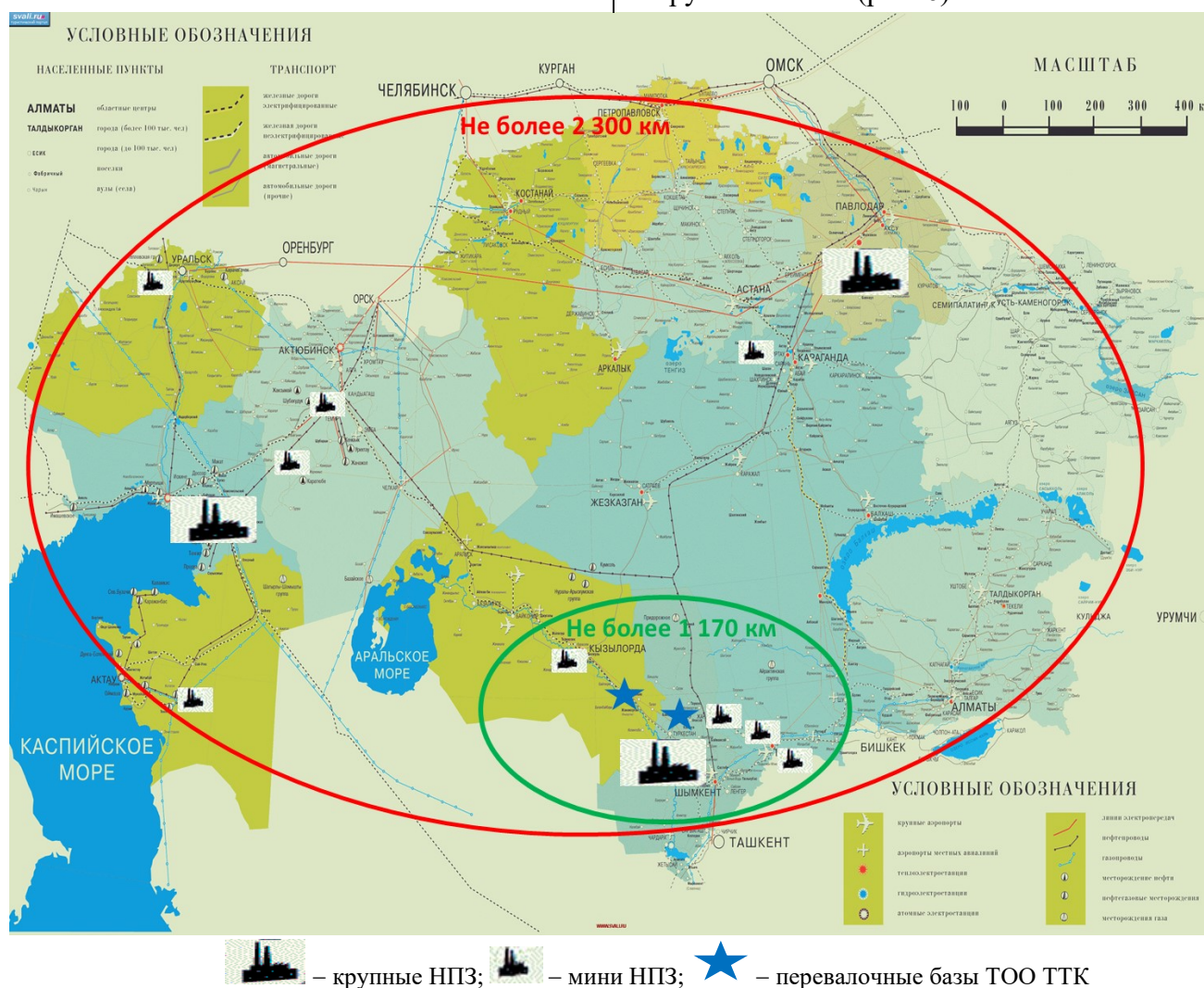


Рис. 6. Анализ месторасположения баз отгрузки топлива

Fig. 6. Analysis of the fuel shipment bases location

На представленной карте отражены два положения ДЗО, при которых транспортировка поставщиком топлива является неэффективной (дорогостоящей и продолжительной – большой круг) и эффективной (приемлемой и краткосрочной – малый круг).

Так как поставка товара по данной стратегии предполагает консолидацию объемов посредством двух перевалочных баз ТОО «Торгово-транспортная компания», заводы-изготовители (поставщики топлива) рассматриваются в двух вариантах возможного развития сценариев:

Отбор поставщиков топлива в пределах 1170 км – основой данного выбора является гипотеза о том, что при реализации данного отбора стоимость транспортировки поставщика значительно отразится на уровне экономического эффекта в сторону его снижения, т.е. чем больше удаленность поставщика от перевалочных баз по централизованным закупкам, тем меньше экономический эффект ввиду увеличения стоимости транспортировки.

При расположении поставщика топлива в периметре до 2300 км от перевалочных баз по централизованным закупкам вероятность получения какого-либо экономического эффекта меньше.

Таким образом, наибольший эффект может быть достигнут при взаимодействии с поставщиками, удаленность которых не превышает 1700 км.

Анализ поставок ГСМ по периметру ДЗО позволил выделить группу поставщиков миниНПЗ, включенных в определенную область транспортировки, которая наиболее, а то и полностью, удовлетворяет общую потребность в топливе всех ДЗО. К таковым относятся: ТОО «Жарас», ТОО «КМНПЗ», ТОО «КНПЗ», ТОО «B.N. GASOIL PROCESSING». Далее рассмотрим долю потребления периметра ДЗО в общем объеме производства вышеуказанных поставщиков на основе данных предприятий периметра ДЗО и анкетных данных, представленных вышеуказанными поставщиками.

Необходимо отметить, что левая часть нижеприведенных графиков (столбец) отражает нынешнюю ситуацию в производственных процессах поставщика, тогда как его правая часть (столбец) – показывает изменение в объемах производства топлива поставщика при наличии контрактов с предприятиями ДЗО периметра. На примере поставщика ТОО «Жарас» рассмотрим общий подход к анализу доли и объемов поставок ГСМ в рамках категорийной стратегии. Согласно приведенным данным ТОО «Жарас» является производителем всех четырех видов топлива, рассматриваемых в данной категорийной стратегии. При этом минимальное прогнозное значение доли предприятий периметра ДЗО в общем объеме производства поставщика до консолидации объемов закупок составляет 9%, тогда как после реализации данной процедуры это значение увеличивается до 50%, что предполагает наличие высокого влияния предприятий периметра ДЗО на производство поставщика (источник: анкетные данные поставщика).

Для оценки возможностей поставщиков обеспечить потребности предприятий периметра ДЗО необходимо рассмотреть требуемый объем топлива в разрезе мест поставки (лотов), что возможно определить на основании соответствующих закупок 2017 г.

По дизельному топливу зимнему данные об объемах производства ТОО «B.N. GASOIL PROCESSING» неизвестны.

Географическое расположение завода ТОО «Жарас» (г. Жанатас) позволяет покрыть потребность поставок всех видов топлива периметра ДЗО.

Географическое расположение завода ТОО «КНПЗ» (г. Каратау) позволяет покрыть потребность поставки дизельного топлива летнего только в ст. Жанатас – согласно объему производства поставщика.

Географическое расположение завода ТОО «КМНПЗ» (г. Кызылорда) позволяет покрыть потребность поставки дизельного топлива летнего только в ст. Шиели – согласно объему производства поставщика.

Таким образом, согласно вышеприведенным расчетам можно рассматривать ТОО «Жарас» в качестве основного поставщика топлива в 2017 г. для предприятий периметра ДЗО как по объемам производства, так и по территориальному месторасположению.

При этом присутствует небольшой риск несвоевременной поставки товара и/или отказа от поставки товара ввиду срыва производства топлива (ремонтные работы, авария, отсутствие сырья и прочее), невозможности осуществления транспортировки готового продукта (отсутствие или поломка техники и прочее) и др.

В связи с чем в качестве «подушки безопасности» при реализации вышеуказанных рисков можно рассмотреть наличие поставщиков № 2 по итогам определения победителя закупки.

С этой целью наиболее подходящими поставщиками № 2 являются:

- ТОО «B.N. GASOIL PROCESSING» для поставки дизельного топлива летнего;
- ТОО «КНПЗ» для поставки бензина АИ-92 и дизельного топлива летнего;
- ТОО «КМНПЗ» для поставки бензина АИ-80 и дизельного топлива летнего.

Необходимо отметить, что поставщик ТОО «B.N. GASOIL PROCESSING» находится в зоне отдаленности от перевалочных баз, предназначенных для проведения процедуры консолидации закупок, что предполагает высокий уровень транспортных расходов в составе цены. Для получения экономического эффекта при работе с данным поставщиком скидка, предоставляемая последним, должна быть значительной.

В случае отказа указанных поставщиков от поставки товара необходимо проведение повторных процедур закупок.

Кроме того, для снижения возможности реализации вышеуказанных рисков необходимо установление соответствующих критериев отбора для проведения предварительной аттестации поставщиков, в том числе уровня производства товара (соответствия объему Заказчиков), наличия достаточного объема

складских мощностей для хранения топлива (емкости), а также подтверждение качества производимого товара (экспертиза или оценка аккредитованной лабораторией).

Согласно имеющимся данным анкет производителей товаров проведен SWOT-анализ потенциальных поставщиков (сильные и слабые стороны компании, благоприятные возможности и внешние угрозы). Проведенный SWOT-анализ позволяет оценить возможности этих поставщиков удовлетворить потребности ДЗО как по качеству товара, так и по показателю его стоимости. На основании указанных сведений возникает возможность составления и оформления перечня квалификационных требований для проведения предварительной аттестации поставщиков для проведения соответствующих закупок среди этой группы участников закупок.

Таким образом, местоположение поставщика (место отгрузки его топлива) будет способствовать снижению показателя экономического эффекта минимум на 25% при выборе наиболее близкого по географическому расположению поставщика, или его полному исключению – соответственно наиболее отдаленному местонахождению поставщика от баз консолидации для поставки товаров.

При этом нижеприведенный расчет (табл. 1) прогнозного значения экономического эффекта на условиях DDP (Incoterms 2010) необходимо считать оптимистичным вариантом, отражающим обязательную транспортную составляющую в общем объеме достигнутого результата (выгоды).

Соответствующие расчеты необходимо актуализировать по итогам закупки: определение победителя (стоимость его транспортировки товара) и стоимости ГСМ.

Организация централизованных закупок, как уже отмечалось ранее, базируется на требованиях Правил. Схема организации закупок по данной категориейной стратегии представлена на рис. 7.

Таблица 1

Расчет прогнозного значения экономического эффекта на условиях DDP (Incoterms)

Calculation of predicted value of economic effect under DDP terms (Incoterms)

Прогнозируемый экономический эффект на условиях EXW (Incoterms), млн тенге	Средний прогнозный показатель транспортировки ТОО «Жарас»	Прогнозируемый экономический эффект на условиях DDP (Incoterms), млн тенге	Объем закупок по плану 2017 г. DDP (Incoterms), млн тенге	Доля прогнозируемого эффекта на условиях DDP (Incoterms) от плана закупок, %
386,03	109,03	276,99	4 431,89	6,2%

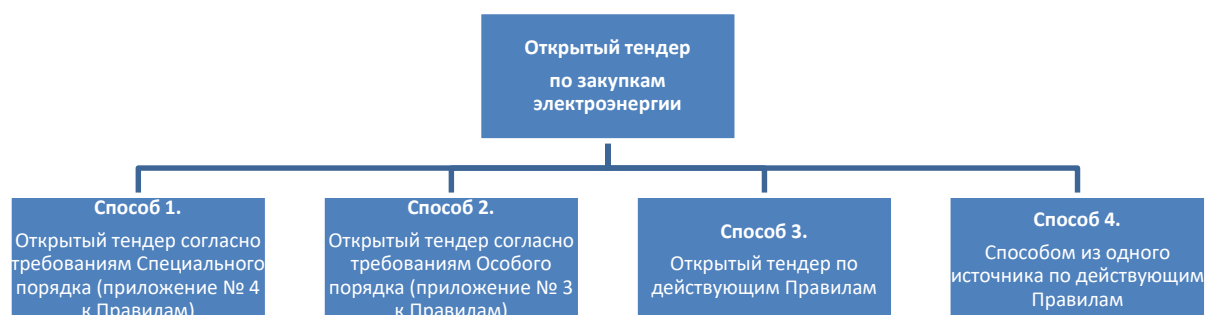


Рис. 7. Способы реализации закупочной стратегии

Fig. 7. Approaches to procurement strategy implementation

Способ 1. Основной целью данной категорической закупочной стратегии является приобретение электроэнергии по единым ценам путем консолидации объемов ДЗО посредством назначения единого Организатора закупки. Требования Специального порядка предусматривают подобные действия, в том числе с возможностью проведения закупки на бумажных носителях – вне электронной площадки ТОО «Самрук-Казына Контракт».

Недостатки данного способа проведения закупки:

- дополнительные расходы ДЗО ввиду необходимости личного присутствия на всех этапах тендера (вскрытие, допуск, рассмотрение заявок и предложений, подведение итогов) – только при организации закупки на бумажных носителях;

- снижение уровня прозрачности закупки.

Способ 2. Особый порядок предусматривает необходимость наличия приобретаемых товаров в Перечне товаров, работ, услуг, закупаемых у квалифицированных потенциальных поставщиков, утвержденном Правлением

Фонда АО «Самрук-Казына». Схема организации закупки аналогична способу 1.

Недостатки данного способа проведения закупки:

- трудоемкие и длительные условия для проведения предварительного квалификационного отбора поставщиков;

- дополнительные расходы поставщиков на прохождение предварительного квалификационного отбора поставщиков.

Реализацию данного способа разрешается заменить условиями проведения закупки по Специальному порядку.

Способ 3. Требования действующих Правил закупок не содержат возможности проведения централизованных закупок непосредственно портфельными компаниями – АО «НАК «Казатомпром». Кроме того, электронная площадка ТОО «Самрук-Казына Контракт» также не оснащена функциями консолидации объемов различных ДЗО. В связи с чем использование данного способа закупок не представляется возможным.

Схема организации закупки аналогична способу 1.

Способ 4. Порядок осуществления закупочной деятельности регламентируется «Правилами закупок товаров, работ и услуг акционерным обществом «Фонд национального благосостояния «Самрук-Қазына» и организациями, пятьдесят и более процентов голосующих акций (долей участия) которых прямо или косвенно принадлежат АО «Самрук-Қазына» на праве собственности или доверительного управления (далее – Правила)», утвержденными решением СД АО «Самрук-Қазына» №126 от 28 января 2016 г. В соответствии с Выпиской из протокола очного заседания Правления АО «Самрук-Қазына» №35/26 от 26 сентября 2016 г. утверждены Стандарты по управлению закупочной деятельностью и принято решение о том, что Заказчикам необходимо осуществлять закупки товаров, работ и услуг в соответствии с действующим порядком, до признания Правил утратившими силу в установленном порядке.

Заключение

В ходе проведенных исследований объективно показана необходимость совершенствования закупочной деятельности в соответствии с задачами Правительства РК, а также оптимизации расходов компании и снижения себестоимости продукции в условиях высококонкурентной ситуации на рынке природного урана за счёт внедрения категорийной закупочной стратегии. Все это должно обеспечить эффективность и прозрачность закупочной деятельности Компании за счёт внедрения категорийной стратегии.

В работе рассмотрены принципы внедрения совершенно нового механизма (категорийной системы закупок), который в отличие существующей (действующей) системы предусматривает достижение экономической эффективности в течение всего жизненного цикла товара, работы или услуги. Данная система внедряется впервые в Компании при полном отсутствии практики подобных реализаций в республике.

Материал работы доведен до уровня методических рекомендаций по внедрению новой системы закупок по отдельным видам товаров, работ и услуг для дочерних организаций Компании.

Настоящая стратегия управления категорией ГСМ разработана для системы предприятий АО «НАК «Казатомпром» с целью получения экономических выгод при обороте полного цикла применения ТРУ: от момента его приобретения и до полного использования. Управление данными категориями товаров позволит организовать все процедуры его жизнедеятельности в производственных процессах предприятий АО «НАК «Казатомпром», а также определить единый порядок по приемке, хранению и контролю расхода ТРУ.

На основании изложенного можно сделать вывод, что реализация процедуры консолидации закупок имеет достаточный потенциал для получения определённых эффектов, которые позволят решить многие вопросы и достичь значительных положительных результатов: снижение стоимости товара (получение скидки) при увеличении (консолидации) объема его закупки; установление единой цены по однородным местам поставки на одинаковый товар для всех ДЗО.

Кроме того, для снижения возможности реализации рисков закупочной деятельности в работе предложен соответствующий критерий отбор для проведения предварительной аттестации поставщиков, в том числе с установлением уровня производства товара (соответствия объему Заказчиков), наличия достаточного объема складских мощностей для хранения топлива (емкости), а также подтверждением качества производимого товара (экспертиза или оценка аккредитованной лаборатории).

При этом реализация категорийной стратегии требует предварительного проведения маркетингового исследования на предмет установления порогового значения цен для организации и проведения закупок. В связи с чем прогноз экономического эффекта необходимо

актуализировать на уровень цен, установленных непосредственно перед процедурой организации тендера. Фактический достигнутый экономический эффект по итогам закупки

уместно сравнивать с аналогичным показателем, определённым посредством маркетингового исследования перед организацией консолидированной закупки.

Библиографический список

1. Magalhães T., Eckhardt D., Leirasa A. Sustainable procurement portfolio management: A case study in a mining company. *Producao*. 2017;(27):1-15. DOI: [10.1590/0103-6513.213616](https://doi.org/10.1590/0103-6513.213616)
2. Amindoust A., Ahmed S., Saghafinia A., Bahreininejad A. Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied Soft Computing Journal*. 2012;12(6):1668-1677. DOI: [10.1016/j.asoc.2012.01.023](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.01.023)
3. Dubois A., Pedersen A.-C. Why relationships do not fit into purchasing portfolio models a comparison between the portfolio and industrial network approaches. *European Journal of Purchasing and Supply Management*. 2002;8(1):35-42. DOI: [10.1016/S0969-7012\(01\)00014-4](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(01)00014-4)
4. «Правила ценообразования на регулируемых рынках, утверждения и корректировки инвестиционной программы (проекта) субъекта регулируемого рынка», утвержденные приказом Министра национальной экономики РК от 29.12.2014 г. за №174.
5. Прогноз социально-экономического развития Республики Казахстан на 2017–2021 годы от 31 августа 2016 года, протокол № 29, опубликованный на веб-сайте министерства национальной экономики Республики Казахстан 19 сентября 2016 г.; письмо АО «НАК «Казатомпром» о «О формировании планов развития на 2017–2021 гг.» от 21.07.2016 г. исх. № 04-18/2902.
6. Майкл Р. Линдерс, Харольд Е. Фирон. *Управление снабжением и запасами. Логистика*. Пер. с англ. СПб.: ООО «Виктория плюс»; 2002. С. 29-31.
7. Кодекс Республики Казахстан от 10 декабря 2008 года № 99-IV «О налогах и других обязательных платежах в бюджет (Налоговый кодекс)» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 26.07.2016 г.), постановление Правительства Республики Казахстан от 13 марта 2015 года № 133.
8. Белов Л. Б. Выбор модели корпоративного снабжения: метод экспертной оценки. *Логистика сегодня*. 2010;(2):92-100.
9. Постановление Правительства от 20.08.2002 №926 «О концепции развития урановой промышленности и атомной энергетики Республики Казахстан на 2002-2030 годы».
10. Белов Л. Б. Основные подходы к выбору модели материально-технического снабжения холдинга. *Логистика и управление цепями поставок*. 2009;(6):69-77.
11. *Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов*. Под общей редакцией проф. В. И. Сергеева. М.: ИНФРА-М; 2013. 634 с.
12. Баско И. М., Дурасов А. С., Карпеко О. И. и др. Материально-техническое снабжение: Учеб. пособие. Под ред. Л. М. Михневича. Мн.: БГЭУ; 2002.
13. Сверчков П. А. Подход к принятию решения о централизации закупочной деятельности. *Логистика и управление цепями поставок*. 2012;(3):15-30.
14. Сыроева С. В., Бузукова Е. А. *Категорийный менеджмент. Курс управления ассортиментом в рознице* (+электронное приложение). СПб.: Питер; 2016
15. Сергеев В. И., Эльяшевич И. П. *Логистика снабжения*. М.: Рид Групп; 2011. 416 с.
16. Чернов И. В. Организация системы закупок в торговой компании. *Управление продажами*. 2007;(3):10-15.
17. *Joint A. Uranium Resources, Production and Demand International: Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency*. Boulogne-Billancourt France. Organisation for economic cooperation and development. 2018. 462 p.
18. Khawassek Y. M., Taha M. H., Eliwa A. A. Kinetics of Leaching Process Using Sulfuric Acid for Sella Uranium Ore Material, South Eastern Desert. *Egypt International Journal of Nuclear Energy Science and Engineering*. 2016;(6):62-73.
19. Meng H., Li Z., Ma F., Jia L., Wang X., Zhou W., Zhang L. Preparation and characterization of surface imprinted polymer for selective sorption of uranium(VI). *Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2015;306(1):139-146
20. Закон Республики Казахстан от 20 июля 2011 года № 463-IV «О государственном регулировании производства и оборота отдельных видов нефтепродуктов» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 09.04.2016 г.)
21. Экологический кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года № 212-III с изменениями и дополнениями по состоянию на 30.06.2016 г.; Закон Республики Казахстан от 20 июля 2011 года № 463-IV «О государственном регулировании производства и оборота отдельных видов нефтепродуктов» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 09.04.2016 г.)

References

1. Magalhães T., Eckhardta D., Leirasa A. Sustainable procurement portfolio management: A case study in a mining company. *Producao*. 2017;(27):1-15. DOI: [10.1590/0103-6513.213616](https://doi.org/10.1590/0103-6513.213616)
2. Amindoust A., Ahmed S., Saghafinia A., Bahreininejad A. Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied Soft Computing Journal*. 2012;12(6):1668-1677. DOI: [10.1016/j.asoc.2012.01.023](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.01.023)
3. Dubois A., Pedersen A.-C. Why relationships do not fit into purchasing portfolio models a comparison between the portfolio and industrial network approaches. *European Journal of Purchasing and Supply Management*. 2002;8(1):35-42. DOI: [10.1016/S0969-7012\(01\)00014-4](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(01)00014-4)
4. "Rules for pricing at regulated markets, approval and adjustment of the investment program (project) of a regulated market subject", approved by Order No. 174 of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan dated December 29, 2014. (In Russ.)
5. *Forecast of socio-economic development of the Republic of Kazakhstan for 2017–2021 dated August 31, 2016, Minutes No. 29, published on the website of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan on September 19, 2016*; letter of NAC Kazatomprom JSC "On the formation of development plans for 2017–2021 dated July 21, 2016, ref. No. 04-18/2902 (In Russ.)
6. Michael R. Linders, Harold E. Fearon. *Procurement and inventory management. Logistics*. Translated from English. St-P.: LLC Victoria Plus Publ.; 2002. P. 29-31 (In Russ.)
7. *Code of the Republic of Kazakhstan dated December 10, 2008 No. 99-IV "On taxes and other compulsory payments to the budget (Tax Code)"* (amended and revised as of July 26, 2016), Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 133 dated March 13, 2015 (In Russ.)
8. Belov L. B. Selecting a corporate procurement model: an expert review method. *Logistika segodnya*. 2010;(2):92-100
9. Governmental Decree of 20.08.2002 No. 926 "On the concept of development of the uranium industry and nuclear power industry of the Republic of Kazakhstan for 2002-2030" (In Russ.)
10. Belov L. B. The main approaches to selecting a holding company procurement model. *Logistika i upravlenie tsepyami postavok*. 2009;(6):69-77. (In Russ.)
11. *Corporate logistics. 300 answers to professional questions*. Ed. Sergeev V. I. Moscow: INFRA-M Publ.; 2013. 634 p. (In Russ.)
12. Basko I. M., Durasov A. S., Karpeko O. I., et al. *Procurement: Tutorial*. Ed. Mikhnevich L. M. Minsk: BGEU Publ.; 2002. (In Russ.)
13. Sverchkov P. A. Approach to decision making on procurement centralization. *Logistika i upravlenie tsepyami postavok*. 2012;(3):15-30. (In Russ.)
14. Sysoeva S. V., Buzukova E. A. *Category management. Retail product range management course (+electronic application)*. St-P.: Piter Publ.; 2016. (In Russ.)
15. Sergeev V. I., Elyashevich I. P. *Supply logistics*. M.: Read Group Publ.; 2011. 416 p. (In Russ.)
16. Chernov IV. Procurement system organization in a trading company. *Upravlenie prodazhami*. 2007;(3):10-15.
17. *Joint A. Uranium Resources, Production and Demand International: Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency*. Boulogne-Billancourt France. Organisation for economic cooperation and development. 2018. 462 p.
18. Khawassek Y. M., Taha M. H., Eliwa A. A. Kinetics of Leaching Process Using Sulfuric Acid for Sella Uranium Ore Material, South Eastern Desert. *Egypt International Journal of Nuclear Energy Science and Engineering*. 2016;(6):62-73.
19. Meng H., Li Z., Ma F., Jia L., Wang X., Zhou W., Zhang L. Preparation and characterization of surface imprinted polymer for selective sorption of uranium(VI). *Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2015;306(1):139-146
20. Law of the Republic of Kazakhstan No. 463-IV dated July 20, 2011 "On governmental regulation of the production and turnover of certain types of oil products" (amended and revised as of 09.04.2016) (In Russ.)
21. Environmental Code of the Republic of Kazakhstan dated January 9, 2007 No. 212-III, amended and revised as of June 30, 2016; Law of the Republic of Kazakhstan No. 463-IV dated July 20, 2011 "On governmental regulation of the production and turnover of certain types of oil products" (amended and revised as of 09.04.2016) (In Russ.)

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-336-348

Обоснование параметров буровзрывной проходки горизонтальных горных выработок с подчищающими зарядами взрывчатых веществ в опережающих скважинах вруба**В. И. Ляшенко¹, О. Е. Хоменко², М. Н. Кононенко²**

¹Государственное предприятие Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт промышленной технологии (ГП «УкрНИПИИпромтехнологии»), г. Желтые Воды, Украина

²Национальный технический университет «Днепровская политехника», г. Днепр, Украина

Аннотация: Наиболее сложными и трудоемкими в добыче полезного ископаемого, требующими постоянного изучения и совершенствования технологии и технических средств для ее осуществления являются буровзрывные работы (БВР). Целью исследования является обоснование параметров буровзрывной проходки горизонтальных и наклонных (до 12°) горных выработок на базе высокопроизводительного самоходного оборудования и новых конструкций призматических врубов с подчищающими зарядами взрывчатых веществ (ВВ) по 0,2 кг аммонита марки 6ЖВ, размещенных в опережающих скважинах диаметров от 65 до 105 мм. В работе представлены результаты анализа практического опыта и научных достижений в области буровзрывного разрушения твердых сред, механики сплошных сред. Обоснована потребность в новых конструкциях призматических врубов, надежность работы которых по образованию качественной (чистой) врубовой полости достигает 0,95–1,00. Рекомендованы варианты новых конструкций призматических врубов, особенность которых заключается в обеспечении каждой из них достаточным компенсационным объемом для работы шпуровых врубовых зарядов ВВ на разрушение трапециевидных перегородок с коэффициентом компенсационного объема от 2,50 до 1,34. Показаны перспективные направления исследований на примере рудных месторождений сложного строения и мощных тектонических разломов Кировоградского рудного района и кристаллических породах Украинского щита на шахтах Украины: ПАО «КЖРК», ЧАО «Сухая Балка» (г. Кривой Рог), ООО «Восток-Руда», ГП «ВостГОК» (г. Желтые Воды), ЧАО «ЗЖРК» и др. Предложены перспективные направления исследований на примере рудных месторождений сложного строения с типичными образованиями в узлах сочленения мощных тектонических разломов и применения экологически чистых эмульсионных ВВ, а также самоходных зарядчиков эмульсионных ВВ.

Ключевые слова: рудные массивы, горные выработки, буровзрывная проходка, призматические врубы, подчищающий заряд, безопасность, эффективность

Благодарность: В создании, совершенствовании и внедрении научных разработок принимали участие и оказывали содействие специалисты следующих организаций:

– Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт промышленной технологии» (ГП «УкрНИПИИпромтехнологии»), г. Желтые Воды, Украина;

– Государственное предприятие «Восточный горно-обогатительный комбинат» (ГП «ВостГОК»), г. Желтые Воды, Украина;

– Национальный технический университет «Днепровская политехника», г. Днепр, Украина;

– Казенное предприятие «Кировгеология» (КП «Кировгеология»), г. Киев, Украина.

В работе также принимали участие А.Х. Дудченко, А.А. Ткаченко, П.А. Кислый, А.С. Курдюков, А.Г. Скотаренко, В.И. Степанов, Н.П. Хмара и др.

Для цитирования: Ляшенко В. И., Хоменко О. Е., Кононенко М. Н. Обоснование параметров буровзрывной проходки горизонтальных горных выработок с подчищающими зарядами взрывчатых веществ в опережающих скважинах вруба. *Горные науки и технологии*. 2020;5(4): 336-348. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-336-348

Substantiation of parameters of mine working drivage with blasting technique and cleaning charges in advance cutting holes

V. I. Lyashenko¹, O. E. Khomenko², M. N. Kononenko²

¹ State Enterprise Ukrainian Scientific Research and Design Institute of Industrial Technologies (SE "UkrNIPromtekhologii"), Zheltye Vody, Ukraine

²National Technical University "Dneprovskaya Polytechnica", Dnipro, Ukraine

Abstract: Drilling and blasting operations (D&B) are the most difficult and laborious operations in the process of mineral extraction, requiring permanent development and upgrading of methods and equipment. The aim of the study is to substantiate the parameters of drilling and blasting drivage of horizontal and inclined (up to 120°) mine workings on the basis of high-performance self-propelled equipment and new designs of box cuts with cleaning explosive charges (0.2 kg of 6ZhV ammonite), placed in advance holes of 65 to 105 mm in diameter. The paper presents the results of the analysis of practical experience and scientific achievements in the field of drilling-and-blasting rupture of solid media and continuum mechanics. The need for new designs of box cuts, reliability of which in the formation of high-quality (clean) cut cavity reaches 0.95-1.00, was substantiated. New design options of box cuts have been developed, the peculiarity of which consists in provision of sufficient compensation (peripheral) volume with the use of blast hole cut charges for blasting rupture of trapezoidal partitions, with the compensation volume factor of 2.50 to 1.34. Promising areas of research were shown using the example of complicated structure ore deposits and large faults in the Kirovograd ore district and crystalline rocks of the Ukrainian shield at the following mines of Ukraine: PJSC KZhRK, CJSC Sukhaya Balka (Kryvyi Rih), Vostok-Ruda LLC, SE VostGOK (Zheltye Vody), CJSC ZZhRK, etc. Promising areas of research were proposed using the example of complicated structure ore deposits typically formed at the junction of large faults; besides, the use of environmentally friendly emulsion explosives and self-propelled emulsion explosive chargers was recommended.

Keywords: ore mass, mine workings, drivage with blasting technique, box cut, cleaning charge, safety, performance

Acknowledgements: Specialists of the following organizations contributed to the creation, improvement and implementation of these research and development:

– State Enterprise Ukrainian Scientific Research and Design Institute of Industrial Technologies (SE "UkrNIPromtekhologii"), the city of Zheltye Vody, Ukraine;

– State Enterprise "Vostochny Mining and Processing Complex" (SE "VostGOK"), the city of Zheltye Vody, Ukraine;

– National Technical University "Dneprovskaya Polytechnica", Dnipro, Ukraine;

– State Enterprise "Kirovgeologiya", Kiev, Ukraine.

A. Kh. Dudchenko, A. A. Tkachenko, P. A. Kisly, A. S. Kurdyukov, A. G. Skotarenko, V. I. Stepanov, N. P. Khmara also participated in the work.

For citation: Lyashenko V. I., Khomenko O. E., Kononenko M. N. Substantiation of parameters of mine working drivage with blasting technique and cleaning charges in advance cutting holes. *Gornyye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2020;5(4):336-348. (In Russ.) DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-336-348

Введение

Наиболее сложными и трудоемкими в добыче полезного ископаемого, требующими постоянного изучения и совершенствования технологии и технических средств для ее осуществления являются буровзрывные работы (БВР) [1, 2]. Сооружение горных выработок в этом случае связано с выполнением целого цикла горных работ, среди которых буровзрывные работы являются первичными [3, 4]. Учет параметров и различного назначения выработок (транспортное, вентиляционное и

т. д.) также является важным при проектировании и реализации БВР [5–7]. Каждая выработка по ее назначению в соответствии с проектом должна быть качественно пройдена с целью ее безопасной эксплуатации на протяжении всего срока существования, что является важной задачей [8, 9]. Данная работа является продолжением исследований с участием авторов, основные научные и практические результаты которых наиболее полно приведены в работах [10–12].

Цели и задачи. Целью исследования является обоснование параметров буровзрывной проходки горизонтальных и наклонных (до 12°) горных выработок на базе высокопроизводительного самоходного оборудования и новых конструкций призматических врубов с подчищающими зарядами ВВ по 0,2 кг аммонита марки 6ЖВ, размещенных в опережающих скважинах диаметров от 65 до 105 мм. Это обеспечит качественное проведение выработки с уходом за цикл не менее 3,0–3,5 м, повышение скорости проходки с 50–70 м/мес. в настоящее время и до 300 м/мес. на проходческий комплекс в ближайшей перспективе. Для достижения поставленной цели экспериментально полученные данные сравниваются с данными расчетов. Задачей исследования является разработка и организация экспериментов по новым конструкциям призматических врубов с подчищающими зарядами ВВ по 0,2 кг аммонита № 6ЖВ, размещенных в опережающих скважинах для буровзрывной проходки горизонтальных и наклонных (до 12°) горных выработок в условиях конкретного металлического месторождения [13].

Изучение характеристик массивов пород рудного месторождения сложного строения

Рассматриваемое рудное месторождение сложного строения является типичным образованием в узлах сочленения мощных тектонических разломов Кировоградского рудного района Украины. Совокупностью физико-механических свойств горных пород, слагающих данное месторождение, природно созданы геомеханические условия, в которых будут безопасно производиться подготовительно-нарезные и очистные работы. Для этого необходимо постоянно выполнять оценку напряженного деформационного состояния (НДС) горного массива (геомеханический мониторинг) различными методами и техническими средствами, включая натурные исследования в шахтных условиях влияния техногенных пустот на устойчивость горного массива [14]. При оценке устойчивости горных выработок

требуется постоянное исследование коэффициента структурного ослабления (отношение сцепления по контактам естественных трещин к сцеплению в монолитной породе), который имеет решающее значение при определении необходимости и типа крепления этих выработок. Его значение для рассматриваемых породных массивов изменяется в пределах от 0,32 до 0,39 [15].

Практика отработки аналогичных месторождений является наследственной как по технологии добычи и переработки полезного ископаемого, так и по ликвидации последствий горных работ. На примере отработки этих залежей можно ожидать и прогнозировать многие параметры свойств горных массивов, которые должны быть близки не только качественно, но и количественно. Результаты натуральных замеров для вышеуказанных месторождений показали, что направление трещин, как правило, совпадает с проектированием залежей, в основном преобладают трещины, распространяющиеся под углом более 45° [16].

Основные процессы, проходящие в горных массивах после образования выработанных пространств (подготовительно-нарезных и очистных выработок), подлежащие мониторингу [17]:

- формирование НДС массивов пород и его изменение во времени;
- сдвигание (обрушение) горных пород, проявляющееся в разнообразных формах;
- взаимодействие пород и крепей.

Горное давление формируется гравитационными силами вертикального налегающего столба горных пород (до поверхности) и касательными напряжениями тектонических подвижек. Силы горного давления объективно существуют независимо от образования техногенных пустот в горном массиве, но процессы изменения целостности поверхностей возможны только после их образования. Геомеханическое природное фактическое силовое поле массива горных пород имеет в каждой точке координатной сетки пространства

потенциалы НДС, значения которых изменяются и перераспределяются в зависимости от формы и параметров горных выработок. При условиях допустимых параметров обнажений горные выработки сохраняются в ненарушенном безопасном состоянии [18].

Проявление необратимых деформаций, изменяющих массив пород, имело место при проходке разведочно-эксплуатационного ствола в виде растрескивания и отслаивания кусков породы от стенки на глубине 870–880 м, что свидетельствует о возможности опасной разгрузки горного массива (стреляния) после образования выработанного пространства. Рудовмещающие породы и рудные залежи такого месторождения, слагающие основной массив, весьма устойчивы, разведочные выработки, пройденные в них, способны длительное время сохранять свою форму без заметных признаков деформации, за исключением появления трещин и небольших отколов, вызываемых изменениями природного поля напряжений.

На этом месторождении участки ослабленных пород являются коллекторами статических запасов подземных вод и одновременно могут являться причиной образования заколов и вывалов горных пород на отдельных тектонически нарушенных участках в местах образования тектонических глин – это зоны Сиенитового и Секущего разломов, мощность которых составляет 40–50 м. Данные наблюдений за проходкой скважин показывают, что зоны неустойчивых пород встречались во всех разрывных тектонических нарушениях. В таких зонах нарушений наблюдается откол крупных кусков на контактах лежащего и висячего боков нарушений. Поэтому при проходке выработок, пересекающих эти зоны, требуется оборка кровли и стенок выработок, а в отдельных случаях для сохранения выработок необходимо упрочняющее анкерное крепление [19].

На этом месторождении крупные массивы гнейсов отсутствуют, а встречаются в гранитах.

Горные удары, стреляние и выбросы пород не отмечались. В процессе эксплуатации месторождения при подходе к глубинным тектоническим зонам необходимо бурение опережающих скважин с целью определения не только обводненности, но и газоносности. Контроль содержания газов в рудничной атмосфере должен осуществляться систематически вентиляционной и газоспасательной службой [20]. Главные мероприятия при эксплуатации месторождений направлены на доведение до безопасного содержания вредных аэрозолей и сведение к минимуму их воздействия на все группы работающего на технологических операциях персонала. На месторождении пробурено 673 глубоких разведочных скважины без учета скважины подземного бурения. Все скважины вынесены на карту ликвидационного тампонажа, но не все затампонированы [21].

Обоснование выбора оборудования для проходки горных выработок

Состав комплексов самоходного оборудования для проходки горизонтальных и наклонных выработок включает [22]:

- буровую каретку;
- погрузочно-транспортную машину.

Рассмотрены два варианта комплексов самоходного оборудования с дизельным приводом ходовой части:

- 1) фирмы Atlas Copco:
 - буровой станок Boomer 281(282);
 - погрузочно-доставочная машина ST 3,5;
- 2) фирмы Tamrock:
 - буровой станок Минибур 1Ф;
 - погрузочно-доставочная машина TORO 151.

Техническая характеристика рассматриваемых комплексов для проходки горизонтальных и наклонных выработок приведена в табл. 1.

Производительность при погрузке и транспортировке горной массы при проходке горных выработок и очистных забоях комплекса машин Boomer 281(282), ST 3,5 (табл. 2) и комплекса Минибур 1Ф, TORO 151 (табл. 3).

Таблица 1

Техническая характеристика комплексов для проходки горизонтальных и наклонных выработок

Параметр	Комплекс фирмы Atlas Copco		Комплекс фирмы Tamrock	
	Буровой станок	Погрузочно-доставочная машина	Буровой станок	Погрузочно-доставочная машина
Тип машины	Boomer 281(282)	ST 3,5(ST710)	Минибур 1Ф	TORO 151
Емкость ковша, м ³		3,6		1,75
Грузоподъемность, т, при $\gamma = 1,66$ т/м ³		5,2		2,5
Габаритные размеры, мм :				
длина	11620	8824	8500	6970
ширина	1650	2040	1200	1480
высота:				
в транспортном положении	2100	2104	1850	1235
при разгрузке		4374*		
при работе		1719		1740
Двигатель:				
мощность, кВт (л. с.)	42 (75)	149 (200)	30 (40)	53 (71)
шина	8,25R15	17,5×25	10×15	12×20
емкость бака, л	60	191	50	80
расход топлива, кг/ч	13,5	36	7,2	13
установленная мощность, кВт	63		55	
Рабочая масса, т	9,3	18,2	7,0	8,7
Перфоратор, тип	COP 1432		1Гл300С	
Расход воды, м ³ /ч	2,9		2,9	
Уровень шума, дБ (А)	<106		<106	
Площадь обустройства, м ²	10÷31		4÷18	
Расход воздуха на вентиляцию забоя, м ³ /с		17		6

Примечание. От почвы до кромки ковша при разгрузке непосредственно в транспортные сосуды.

Таблица 2

Производительность комплекса Boomer 281(282), ST 3,5

Показатель	Расстояние транспортирования, м									
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Часовая производительность, т/ч	107,2	89,8	77,6	67,8	60,8	55	49,8	45,8	42,2	39,4
Сменная производительность, т/см.	536	448	388	338	304	272	248	228	210	196
Суточная производительность, т/сут	1608	1344	1164	1014	912	816	744	686	630	588
Годовая производительность, тыс.т/год	386	322	254	244	218	196	178	164	152	142

Таблица 3

Производительность комплекса Минибур 1Ф, TORO 151

Показатель	Расстояние транспортирования, м									
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Часовая производительность, т/ч	53,6	44,9	38,8	33,9	30,4	27,5	24,9	22,9	21,1	19,7
Сменная производительность, т/см.	268	224	194	169	152	136	124	114	105	98
Суточная производительность, т/сут	804	672	582	507	456	408	372	343	315	294
Годовая производительность, тыс.т/год	193	161	127	122	109	98	89	82	76	71

В результате анализа преимуществ и недостатков комплексов ведущих фирм мира можно сделать следующие выводы:

– высокие эргономические качества погрузочно-доставочных машин и самосвалов фирмы Atlas Copco являются их преимуществом перед фирмой Tamrock;

– производительность Boomer 281(282), ST 3,5 фирмы Atlas Copco на проходческих работах в 2 раза выше комплекса Минибур 1Ф, TORO 151 фирмы Tamrock при одинаковых расстояниях транспортирования горной массы;

– годовая производительность погрузочно-доставочных машин ST 3,5 в 2 раза выше чем у TORO 151;

– для механизации процесса зарядания шпуров и скважин целесообразно использовать самоходную зарядную установку с дизельным приводом.

Обеспечение разработки паспорта буровзрывных работ проходки горных выработок

На практике рациональные расстояния между шпурами рассчитываются по известной формуле проф. В.Н. Мосинца [13, 16]:

$$a = KW, \text{ м}, \quad (1)$$

где K – коэффициент, учитывающий назначение шпура, $K = 1,0 - 1,3$ для отбойных шпуров, $K = 0,75$ – для контурных шпуров почвы, $K = 0,85$ для контурных шпуров кровли, $K = 0,95$ – для контурных шпуров по бокам выработки.

Формула справедлива при диаметре компенсационной скважины от 50 до 200 мм. Недостатки контурного взрывания заключаются в следующем: увеличивается число шпуров на 10–15 %, возрастают затраты труда на зарядание. Из практики контурного взрывания расстояние между шпурами в оконтуривающем ряду следует принимать с поправкой на глубину трещинообразования от взрыва отбойных предконтурных зарядов последнего ряда:

$$a_k \leq (0,8 - 1,0)W_k, \text{ м} \quad (2)$$

где W_k – линия наименьшего сопротивления оконтуривающих зарядов, м, которая для крепких пород (по шкале проф. М.М. Протодьяконова $f = 16$) по данным практики равна 0,60–0,65 м. Таким образом, расстояние между шпурами по контуру равно $a_k \leq (0,8 - 1,0) \cdot 0,6 \leq 0,5 - 0,6$ м. В среднем принимают $a = 0,55$ м.

Проектируемый удельный расход ВВ определяется на основе расчета или опыта проведения горных выработок соответствующим типом ВВ. Удельный расход нового ВВ на проходку горной выработки корректируется согласно формуле

$$q_n = q \cdot K_{\text{раб}}, \text{ кг/м}^3, \quad (3)$$

где q – удельный расход применяемого ВВ (аммонит № 6ЖВ), кг/м³, $K_{\text{раб}}$ – коэффициент работоспособности применяемого ВВ, ед.;

$$K_{\text{раб}} = \frac{e_n}{e}, \quad (4)$$

где e_n – работоспособность применяемого ВВ, см³. Работоспособность аммонита № 6ЖВ и граммонита 79/21 равна $e = 360 - 370$ см³ при плотности зарядания $\rho = 1,0 - 1,1$ г/см³ (от 0,8 г/см³ для граммонита 79/21; гранулита АС-4; АС-4В; АС-8; АС-8В до 1,6 г/см³ – для аммонита скального № 1 и др.); при применении другого типа ВВ удельный расход корректируется через коэффициент работоспособности.

Выполнение буровых работ предусматривается по двум вариантам используемой техники:

– буровой станок Simba M4C фирмы Atlas Copco;

– буровой станок SOLO 1L фирмы Tamrock (табл. 4).

Для эффективного ведения взрывных работ, обеспечения щадящего воздействия на вмещающие породы регламентируется использование следующих типов взрывчатых веществ (табл. 5).

Таблица 4

Техническая характеристика буровых станков

Параметр	Atlas Copco	Tamrock
Тип машины	Simba M4C	SOLO 1L
Перфоратор	COP 2550EX	TAMROCK 510LX
Диаметр скважин, мм	64–102	64–89
Оптимальная глубина, м	51	30
Габаритные размеры, мм		
длина	10 500	6450
ширина	2350	1670
высота:		
в транспортном положении	2875	2150
в рабочем положении	2965	2750
Двигатель:		
мощность, кВт (л.с.)	115 (156)	30 (42)
Установленная мощность, кВт	118	60
Масса, т	17,8	7,5

Таблица 5

Сейсмическая активность ВВ

Тип ВВ	Плотность заряда, г/см ³	Теплота взрыва, кДж	Скорость детонации, км/с	Коэффициент сейсмической активности
Аммонит № 6ЖВ	1,0–1,2	4305	3,6–4,8	1,0
Граммонит 79/21	0,80–0,85 (насыпная)	4285	3,2–4,0	1,0
Гранулит АС-4; АС-4В	0,8–0,9 (насыпная)	4522	3,0–3,5	1,03
Гранулит АС-8; АС-8В	0,8–0,95 (насыпная)	5191	3,0–3,6	1,12
Аммонал А-200	0,95–1,1 (патрон)	4932	4,2–4,6	1,07
Аммонал М-10	0,95–1,2 (патрон)	5645	–	1,19
Аммонал скальный № 3	1,0–1,1 (патрон)	5684	4,2–4,6	1,19
Аммонит скальный № 1	1,43–1,58	5400	6,0–6,5	1,17

Разработка призматических врубов с двумя скважинами диаметром $d = 65$ мм

При контурном взрывании определяется количество шпуров по контуру сечения на основе ранее обоснованных для этой цели параметров. В число шпуров на забой входят шпуры вруба, количество которых зависит от его конструкции. Чем больше количество шпуров во врубе, тем больше их эффективность. Для окончательного оформления врубовой полости применяются вспомогательные шпуровые заряды, от работы которых зависит качество отбойки горной массы по забою и длина уходки за цикл. Все шпуры за пределами вруба и контура сечения распределяются

равномерно по забою и носят название отбойных [23, 24].

Практикой доказано, что в связи с невозможностью соблюсти расчетные геометрические параметры вруба из-за нарушений, появляющихся в процессе обуривания забоя, заряды шпуров не обеспечивают очистку врубовой полости на всю глубину уходки [25, 26]. В результате снижается длина уходки забоя при низком коэффициенте использования шпура. Для повышения качества очистки врубовой полости применяют подчищающий заряд, который взрывается последним во врубе на большей глубине (300–400 мм) в компенсационной скважине. Для очистки врубовой поло-

сти подчищающий заряд целесообразно размещать в компенсационной скважине малого диаметра (65, 74, 85 мм), в том случае если нет уверенности в очистке врубовой полости без него. Применение подчищающего заряда во врубе повышает надежность его очистки и обеспечивает качественное образование до 90–95 %. Для обеспечения уходки проходческого забоя горизонтальных и наклонных (до 12°) горных выработок до 3,5 м и более разработаны прямые призматические врубы с двумя скважинами диаметром $d = 65$ мм, на забое которых размещены подчищающие заряды по 0,2 кг аммонита № 6ЖВ, один из которых приведен на рис. 1.

Исследование компенсационных объемов для различных вариантов врубов

Коэффициенты компенсационных объемов для различных вариантов врубов при взрывах первого заряда врубовых шпуров на компенсационную скважину: $d = 105$ мм – 2,5; $d = 85$ мм – 2,0; $d = 74$ мм – 2,14. При взрыве четвертого врубового заряда коэффициент

компенсационного объема составил для компенсационных скважин $d = 105$ мм – 1,44; $d = 85$ мм – 1,36; $d = 74$ мм – 1,34.

Установлено, что работа первых зарядов в донной части вруба на скважины происходит в условиях с избыточным компенсационным объемом, а работа последних врубовых зарядов (четвертых по замедлению) происходит в условиях со слабым зажимом. Основными параметрами шпуров являются диаметр ($d_{ш}$), длина ($l_{ш}$) и глубина (рис. 2).

При правильно выполненных в процессе бурения предложенных конструкциях врубов будут соблюдены вышеописанные условия работы врубовых зарядов и ожидается качественная проработка ими горного массива, что позволит достичь высокоэффективного использования шпуров всего забоя. Выбор наиболее эффективных врубов из предлагаемых вариантов необходимо производить в процессе опытных работ при внедрении паспортов буровзрывных работ в забоях горизонтальных и наклонных (до 12°) горных выработок.

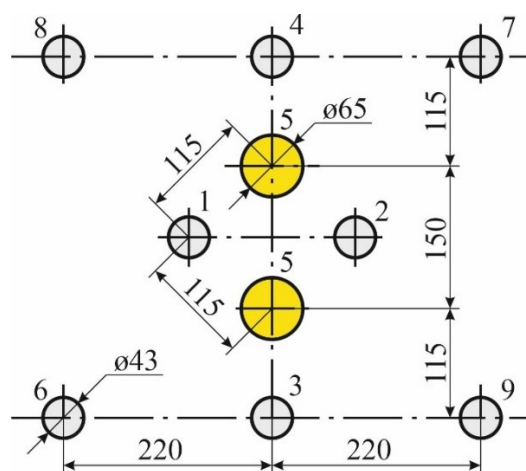


Рис. 1. Призматический вруб с двумя скважинами и подчищающими зарядами в них:
 1, 2, 3, 4 – врубовые шпуровые заряды, взрываемые поочередно; 5 – подчищающие заряды (пятое замедление);
 6, 7, 8, 9 – вспомогательные шпуровые заряды

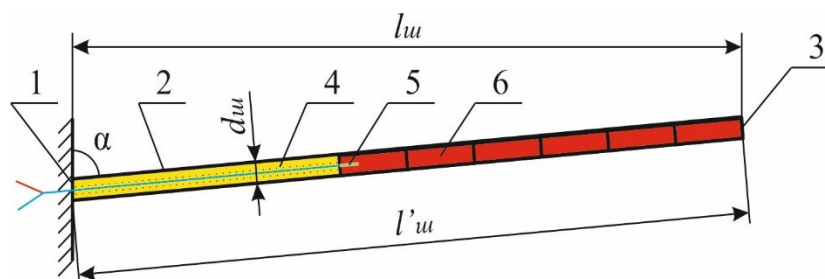


Рис. 2. Конструкция шпурового заряда:
 1 – устье шпура; 2 – стенка шпура; 3 – забой шпура; 4 – забойка; 5 – электродетонатор; 6 – патрон ВВ;
 α – угол наклона, град

Таблица 6

Порядок взрывания шпуровых зарядов ВВ в забое

Наименование шпуров	Номера		Степень замедления
	шпуров	замедлений	
Врубовые	1	0	0
	2, 3	1	0,025
	4, 5	2	0,050
Вспомогательные	6–9	3	0,075
	10–11	4	0,100
	12–15	5	0,150
	16, 17	6	0,250
Отбойные	18–27	7	0,500
	28–41	8	0,750
Оконтуривающие: стенные и потолочные; почвенные (полозовые); почвенные (угловые)	42–61	9	1,000
	62–68	10	1,500
	69–70	11	2,000

Таблица 7

Порядок взрывания шпуровых зарядов ВВ в забое

Показатель	Значения
Горная порода	Альбититы
Крепость пород по М.М. Протодьяконову	16
Трещиноватость	Средняя
Площадь поперечного сечения, м ²	13,8
Наименование вруба	Прямой цилиндрический
Количество шпуров всего, шт., и их длина, мм:	70
компенсационных скважин;	2, длиной 3800
врубовых;	3, длиной 3500
вспомогательных;	12, длиной 3500
отбойных;	24, длиной 3500
оконтуривающих	29, длиной 3500
Диаметр компенсационных скважин, мм	65
Диаметр шпуров, мм	40
Наименование ВВ	Аммонит № 6ЖВ
Величина зарядов шпуров, кг	190,4
Масса подчищающих зарядов ВВ в компенсационных скважинах, кг	0,6
Общий расход ВВ на один взрыв, кг	191,0
Объем взрывающей горной массы, м ³	45,88
Коэффициент использования шпура	0,95
Удельный расход ВВ, кг/м ³	4,16
Способ взрывания	Электрический с обратным инициированием
Средства взрывания	Типа Primadet

Таким образом, основными исходными данными для проектирования безопасной технологии проведения горных выработок, по которым разрабатывается паспорт буровзрывных работ, являются [27]:

– оценка геомеханических условий, в том числе коэффициент крепости по М.М. Протодяконову, блочность массива (тип трещиноватости), направление слоистости и т.д.);

– скорость проходки горной выработки, от которой зависит длина уходки за цикл до 3,5 м;

– тип вруба в зависимости от длины уходки за цикл; все разработанные врубы применяются для уходки за цикл в пределах 2,5–3,5 м и более; эффективность вруба с уходкой более 3,5 м оценивается после опытной проверки.

Порядок взрывания шпуровых зарядов ВВ в забое при буровзрывной проходке горизонтальной горной выработки сечением (4300×3600 мм) приведен в табл. 6, а условия и показатели взрыва – в табл. 7.

Перспективные направления исследований

Перспективным в исследованиях и проведении опытно-экспериментальных работ является применение эмульсионных ВВ (ЭВВ) и комплексов оборудования для механизированного приготовления и заряжания шпуров и скважин при проходке горных выработок. На сегодня объемы и масштабы внедрения экологически чистого ЭВВ Украинит-ПП-2 значительно увеличились – расширились география и сфера применения на шахтах Украины: ПАО «КЖРК», ЧАО «Сухая Балка» (г. Кривой Рог) и ООО «Восток-Руда» (г. Желтые Воды), ЧАО «ЗЖРК», опробованы также первые опытно-экспериментальные зарядки кругового веера скважин (диаметром 89–105 мм и длиной до 30 м), ведутся работы по совершенствованию технологии приготовления компонентов ЭВВ.

При поддержке Госгорпромнадзора Украины и Криворожской горнотехнической инспекции промышленные испытания ЭВВ Украинит-ПП-2 будут продолжены на шахтах

ПАО «КЖРК» и ГП «ВостГОК». Заинтересованность в проведении опытно-экспериментальных работ по применению эмульсионных ВВ проявляют и другие предприятия развитых горнодобывающих стран [10–12, 28].

Выводы

1. *Показано*, что диаметр шпурового заряда является важным параметром при проходке горных выработок, так как от него зависят концентрация ВВ в шпуре, скорость детонации и расстояние ее передачи, скорость бурения шпуров и трудоемкость буровых работ в целом, качество оконтуривания проектного сечения горной выработки и экономические показатели. Применять диаметр шпуров в проходческих забоях более 40–42 мм нецелесообразно. Уменьшение диаметра шпуров до 36 мм повышает эффективность буровзрывной проходки горных выработок.

2. *Определено*, что для обеспечения уходки за цикл не менее 3,3–3,5 м кроме производительного самоходного оборудования возникает потребность в новых конструкциях призматических врубов, надежность работы которых по образованию качественной (чистой) врубовой полости достигает 0,95–1,00.

3. *Разработаны* новые конструкции призматических врубов, особенность которых заключается в обеспечении каждой его конструкции достаточным компенсационным объемом (опережающие скважины диаметров от 65 до 105 мм, в которых размещены подчищающие заряды по 0,2 кг аммонита № 6ЖВ) для работы шпуровых врубовых зарядов на разрушение трапециевидных перегородок с коэффициентом компенсационного объема от 2,50 до 1,34.

4. *Рекомендован* порядок разработки паспорта буровзрывных работ, обеспечивающего качественное проведение выработки с уходкой за цикл не менее 3,0–3,5 м, повышение скорости проходки с 50–70 м/мес. (в настоящее время) до 300 м/мес. на проходческий комплекс в ближайшей перспективе.

Библиографический список

1. Jonson D. Controlled shock waves and vibrations during large and intensive blasting operations under Stockholm city. Workshop on Tunneling by Drilling and Blasting hosted by the *10th Int. Symp. On Fragmentation due to Blasting* (Fragblast 10), New Delhi, India, 24–25 November. 2012. P. 49-58.
2. Monalas F. I., Arusu T. Blasting works in urban area A Singapore case study. Workshop on Tunneling by Drilling and Blasting hosted by the *10th Int. Symp. On Fragmentation due to Blasting* (Fragblast 10), New Delhi, India, 24–25 November. 2012. P. 23-30.
3. Gupta I. D., Trapathy G. R. Comparison of construction and mining blast with specific reference to structural safety. *Indian Mining and Engineering Journal*. 2013;54(4):13-17.
4. Kelly B. Stress analysis for boreholes on department of defense lands in the western united states: a study in stress heterogeneity. Proceedings, *Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University*. Stanford: Stanford University. 2013. P. 139–150.
5. Reiter K., Heidbach O. 3-D geomechanical-numerical model of the contemporary crustal stress state in the Alberta Basin (Canada). *Solid Earth*. 2014;(5):1123-1149.
6. Polak C. International Symposium on 23–27 June 2014 Vienna, Austria. Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: *Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues*. International Atomic Energy Agency. Vienna. 2014. P. 8–9. URL: <http://www-pub.iaea.org/iaea-meetings/46085/> (дата обращения: 19.08.2016).
7. *Techno-economic Comparison of Geological Disposal of Carbon Dioxide and Radioactive Waste*. Marketing and Sales Unit, Publishing Section International Atomic Energy Agency. Vienna. 2014. P. 246. URL: <http://www.iaea.org/books> (дата обращения: 19.08.2016).
8. Сафонов О. П., Шкреба О. П. *Вероятностный метод оценки сейсмического эффекта промышленных взрывов*. М.: Недра; 1970. 56 с.
9. Шашурин С. П., Плакса Н. В., Лебедев А. П. *Разработка мощных рудных месторождений системами с одностадийной выемкой*. М.: Недра, 1971. 201 с.
10. Ляшенко В. И., Франчук В. П., Кислый Б. П. Модернизация технико-технологического комплекса уранодобывающего производства. *Горный журнал*. 2015;(1):26-32.
11. Lyashenko V., Vorob'ev A., Nebohin V., Vorob'ev K. Improving the efficiency of blasting operations in mines with the help of emulsion explosives. *Mining of Mineral Deposits*. 2018;12(1):95–102.
12. Ляшенко В.И., Хоменко О.Е., Голик В.И. Развитие природоохранных и ресурсосберегающих технологий подземной добычи руд в энергонарушенных массивах. *Горные науки и технологии*. 2020;5(2):104-118. DOI: [10.17073/2500-0632-2020-2-104-118](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2020-2-104-118).
13. Мосинец В. Н. *Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах*. М.: Недра; 1976. 271 с.
14. Цейтлин Я. И., Смолий Н. И. *Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов*. М.: Недра, 1981. 192 с.
15. Богацкий В. Ф., Фридман А. Г. *Охрана сооружений и окружающей среды от вредного действия промышленных взрывов*. М.: Недра; 1982. 162 с.
16. Мосинец В. Н., Абрамов А. В. *Разрушение трещиноватых и нарушенных пород*. М.: Недра, 1982. 248 с.
17. Садовский М. А. *Геофизика и физика взрыва*. М.: Недра; 1997. 334 с.
18. Слепцов М. Н., Азимов Р. Ш., Мосинец В. Н. *Подземная разработка месторождений цветных и редких металлов*. М.: Недра; 1986. 206 с.
19. *Добыча и переработка урановых руд в Украине: Монография*. Под общ. ред. А.П. Чернова. Киев: АДЕФ-Украина; 2001. 238 с.
20. Кутузов Б. Н., Белин В. А. *Проектирование и организация взрывных работ*. М.: МГГУ; 2011. 410 с.
21. Сивенков В. И., Иляхин С. В., Маслов И. Ю. *Эмульсионные взрывчатые вещества и неэлектрические системы инициирования*. М.: Щит-М; 2013. 320 с.
22. Трубецкой К. Н., Захаров В. Н., Викторов С. Д., Жариков И. Ф., Закалинский В. М. Взрывное разрушение горных пород при освоении недр. *Проблемы недропользования*. 2014;(3):80-95.
23. Трубецкой К. Н. *Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых*. М.: ИПКОН РАН; 2014. 196 с.
24. Франтов А. Е., Бригадин И. В., Тучков Е. Н., Дорошенко С. И. О связи энергетических и взрывчатых характеристик при оценке действия взрыва в сложных горнотехнических условиях. *Взрывное дело*. 2015;113/70:204-216.
25. Оверченко М. Н., Мозер С. П., Галушко Ф. И., Луньков А. Г. Развитие схем контурного взрывания для проходки подземных горных выработок. *Взрывное дело*. 2016;115/72:202-214
26. Ракишев Б. Р., Ракишева З. Б., Ауэзова А. М. Скорости и время расширения цилиндрической взрывной полости в массиве пород. *Взрывное дело*. 2014;111/68:3-17.

27. Ильяхин С. В., Норов А. Ю., Якшибаев Т. М. Определение радиуса зон трещинообразования горного массива при камуфлетном взрыве. *Взрывное дело*. 2016;116/73:29-36.
28. Умаров Ф. Я., Насиров У. Ф., Нутфуллоев Г. С., Назаров З. С., Шарипов Л. О. Повышение эффективности проходки подземных горных выработок с использованием шпуровых зарядов с кумулятивным эффектом. *Известия вузов. Горный журнал*. 2020;(3):15-23. DOI: [10.21440/0536-1028-2020-3-15-23](https://doi.org/10.21440/0536-1028-2020-3-15-23)

References

1. Jonson D. Controlled shock waves and vibrations during large and intensive blasting operations under Stockholm city. Workshop on Tunneling by Drilling and Blasting hosted by the *10th Int. Symp. On Fragmentation due to Blasting* (Fragblast 10), New Delhi, India, 24–25 November. 2012. P. 49-58.
2. Monalas F. I., Arusu T. Blasting works in urban area A Singapore case study. Workshop on Tunneling by Drilling and Blasting hosted by the *10th Int. Symp. On Fragmentation due to Blasting* (Fragblast 10), New Delhi, India, 24–25 November. 2012. P. 23-30.
3. Gupta I. D., Trapathy G. R. Comparison of construction and mining blast with specific reference to structural safety. *Indian Mining and Engineering Journal*. 2013;54(4):13-17.
4. Kelly B. Stress analysis for boreholes on department of defense lands in the western united states: a study in stress heterogeneity. Proceedings, *Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University*. Stanford: Stanford University. 2013. P. 139–150.
5. Reiter K., Heidbach O. 3-D geomechanical-numerical model of the contemporary crustal stress state in the Alberta Basin (Canada). *Solid Earth*. 2014;(5):1123-1149.
6. Polak C. International Symposium on 23–27 June 2014 Vienna, Austria. Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: *Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues*. International Atomic Energy Agency. Vienna. 2014. P. 8–9. URL: <http://www-pub.iaea.org/iaeameetings/46085/> (дата обращения: 19.08.2016).
7. *Techno-economic Comparison of Geological Disposal of Carbon Dioxide and Radioactive Waste*. Marketing and Sales Unit, Publishing Section International Atomic Energy Agency. Vienna. 2014. P. 246. URL: <http://www.iaea.org/books> [Accessed: 19.08.2016]
8. Safonov O. P., Shkreba O. P. *A probabilistic method for assessing seismic effect of commercial blasting*. Moscow: Nedra Publ.; 1970. 56 p. (In Russ.)
9. Shashurin SP, Plaksa NV, Lebedev AP. Development of large ore deposits with single-stage mining methods. Moscow: Nedra Publ.; 1971. 201 p. (In Russ.)
10. Lyashenko V. I., Franchuk V. P., Kisly B. P. Modernization of uranium mining production complex. *Gornyy zhurnal*. 2015;(1):26-32 (In Russ.)
11. Lyashenko V., Vorob'ev A., Nebohin V., Vorob'ev K. Improving the efficiency of blasting operations in mines with the help of emulsion explosives. *Mining of Mineral Deposits*. 2018;12(1):95-102
12. Lyashenko V. I., Khomenko O. E., Golik V. I. Friendly and Resource-Saving Methods of Underground Ore Mining in Disturbed Rock Masses. *Gornyye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2020;5(2):104-118. DOI: [10.17073/2500-0632-2020-2-104-118](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2020-2-104-118) (In Russ.)
13. Mosinets V. N. Crushing and seismic effect of blasting in rock mass. Moscow: Nedra Publ.; 1976. 271 p. (In Russ.)
14. Tseitlin Ya. I., Smoliy N. I. *Seismic and shock air waves caused by commercial blasting*. Moscow: Nedra Publ.; 1981. 192 p. (In Russ.)
15. Bogatsky V. F., Fridman A. G. *Protection of structures and the environment against adverse effect of commercial blasting*. Moscow: Nedra Publ.; 1982. 162 p. (In Russ.)
16. Mosinets V. N., Abramov A. B. *Rupture of fractured and disturbed rocks*. Moscow: Nedra Publ.; 1982. 248 p. (In Russ.)
17. Sadovsky M. A. *Geophysics and Explosion Physics*. Moscow: Nedra Publ.; 1997. 334 p. (In Russ.)
18. Sleptsov M. N., Azimov R. Sh, Mosinets V. N. *Underground mining of non-ferrous and rare metals*. Moscow: Nedra Publ.; 1986. 206 p. (In Russ.)
19. *Mining and processing of uranium ores in Ukraine*. Under the gen. ed. of Chernov A. P. Kyiv, Adef-Ukraine Publ.; 2001. 238 p. (In Russ.)
20. Kutuzov B. N., Belin V. A. Blasting design and arrangement. Moscow: MGGU; 2011. 410 p. (In Russ.)
21. Sivenkov V. I., Ilyakhin S. V., Maslov I. Yu. *Emulsion explosives and non-electric initiation systems*. Moscow: Shchit-M Publ.; 2013. 320 p. (In Russ.)
22. Trubetskoy K. N., Zakharov V. N., Viktorov S. D., Zharikov I. F., Zakalinsky V. M. Explosive rock rupture in the course of subsoil development. *Problemy nedropol'zovaniya*. 2014;(3):80-95. (In Russ.)
23. Trubetskoy K. N. *Development of resource-saving and resource-reproducing geotechnologies for the integrated development of mineral deposits*. Moscow: IPKON RAS Publ.; 2014. 196 p. (In Russ.)

24. Frantov A. E., Brigadin I. V., Tuchkov E. N., Doroshenko S. I. On the relationship between energy and explosive characteristics when assessing blasting effect under complicated mining conditions. *Vzryvnoe delo*. 2015;113/70:204-216. (In Russ.)
25. Overchenko M. N., Moser S. P., Galushko F. I., Lunkov A. G. Development of peripheral blasting arrangement for underground working drivage. *Vzryvnoe delo*. 2016;115/72:202-214. (In Russ.)
26. Rakishev B. R., Rakisheva Z. B., Auezova A. M. Velocity and time of expansion of circumferential explosion chamber in a rock mass. *Vzryvnoe delo*. 2014;111/68:3-17. (In Russ.)
27. Ilyakhin S. V., Norov A. Yu., Yakshibaev T. M. Determination of the radius of fracturing zones in a rock mass caused by confined explosion. *Vzryvnoe delo*. 2016;116/73:29-36. (In Russ.)
28. Umarov F. Ya., Nasirov U. F., Nutfulloev G. S., Nazarov Z. S., Sharipov L. O. Improving efficiency of driving underground mine workings using blast-hole charges with cumulative effect. *Proceedings of Higher Educational Institutions, Gornyy zhurnal*. 2020;(3):15-23. DOI: [10.21440/0536-1028-2020-3-15-23](https://doi.org/10.21440/0536-1028-2020-3-15-23) (In Russ.)

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-349-357

К концепции шахтного подземного выщелачивания металлов**О. З. Габараев¹, А. О. Габараева¹, Н. Т. Дедегкаева¹, Ж. Болотбеков²**¹Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия²Кыргызский государственный университет геологии, горного дела и освоения природных ресурсов им. акад. У. А. Асаналиева (КГГУ), г. Бишкек, Кыргызская Республика

Аннотация: Актуальность проблемы восполнения выбывающих запасов для обеспечения минеральной безопасности России объясняется изменением экономической системы России, изменением географии добычи металлов и ослаблением минерально-ресурсной базы горного производства при переходе от открытого способа к подземному. Приведены сведения о шахтном выщелачивании металлов в историческом срезе. Показана роль российских ученых и научно-исследовательских организаций в исследовании процессов добычи металлов выщелачиванием. Приведены примеры применения технологии на рудниках СССР, СНГ и стран дальнего зарубежья с характеристикой особенностей осуществления. Сформулированы основные недостатки шахтного подземного выщелачивания: низкая скорость получения металлов и трудность осуществления контроля полноты процесса извлечения металлов в продукционный раствор. Отмечено, что при подземном выщелачивании даже хорошо раздробленных руд процесс длится годами, что снижает привлекательность технологии по сравнению с традиционными способами добычи металлов в равных условиях. Описаны известные и новые перспективные методы интенсификации процесса с целью увеличения скорости извлечения металлов в раствор. На примере Северокавказских месторождений Садонской группы показана целесообразность применения технологии подземного выщелачивания для доработки ныне потерянных для традиционной технологии запасов. Охарактеризована роль профессора Остроушко И. А. в изыскании и внедрении способов извлечения металлов, оставленных в отработанных пространствах рудников, в частности, путем извлечения металлов из сточных вод месторождений Садона. Даны сведения о современном состоянии использования технологии. Сделан вывод о недостаточности использования этой перспективной технологии в практике разработки вскрываемых руд в условиях отдельных регионов. Впервые уточнены детали общей концепции подземного выщелачивания: возможность применения шахтного выщелачивания руд не только в благоприятных условиях, но и при невыдержанных элементах залегания и неравномерной минерализации, возможность выщелачивания не только некондиционных для традиционных технологий руд, но и балансовых запасов, и сформулирована возможность подземного блокового выщелачивания как альтернатива традиционным технологиям в конкретных условиях, например, на месторождениях Северного Кавказа.

Ключевые слова: добыча металлов, шахтное подземное выщелачивание, продуктивный раствор, руда, интенсификация процесса, потерянные запасы

Для цитирования: Габараев О. З., Габараева А. О., Дедегкаева Н. Т., Болотбеков Ж. К концепции шахтного подземного выщелачивания металлов. *Горные науки и технологии*. 2020;5(4):349-357. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-349-357

On the concept of in-situ metal leaching**O. Z. Gabaraev¹, A. O. Gabaraeva¹, N. T. Dedegkaeva¹, Zh. Bolotbekov²**¹North-Caucasian institute of mining and metallurgy (State technological university), Vladikavkaz, Russia²Kyrgyz state university of geology, mining and natural resources development named after acad. U. A. Asanaliev, Bishkek, Republic of Kyrgyzstan

Abstract: The information on history of in-situ metal leaching method (ISL) was given. The role of Russian scientists and research organizations in research into ISL processes was shown. Examples of ISL application at the mines of the USSR, the CIS and non-CIS countries with the implementation features were given. The main disadvantages of ISL were formulated: low rate of metal production and difficulty in monitoring the completeness of metal recovery into pregnant solution. It was noted that underground leaching of even well-crushed ores lasts for many years. This, under otherwise equal conditions, decreases attractiveness of ISL in comparison with traditional methods of metal mining. Well-known and new promising methods of the leaching process intensification for increasing the rate of metal extraction into solution were described. As illustrated by the North Caucasian deposits of the Sadon group, the expediency of ISL use for extracting the residual reserves, which would not be extracted by the traditional methods, was shown. The role of Professor I. A. Ostroushko in development and implementation of methods for extracting metals remained

in the mined-out space of mines, in particular, by extracting metals from the Sadon deposits wastewater. Information on the current state of ISL application was given. The conclusion was made about insufficient use of this promising method in mining in some regions. For the first time, the details of the ISL general concept were clarified: the feasibility of ISL use not only in favorable conditions, but also at non-continuous geology and mineralization; ISL applicability for not only substandard ores (non-extractable by traditional mining methods), but also for balance reserves; ISL (block leaching) was proposed as an alternative to traditional mining methods in specific conditions, for example, at the North Caucasian complex ore deposits.

Keywords: metal mining, in-situ leaching, pregnant solution, ore, process intensification, lost reserves

For citation: Gabaraev O. Z., Gabaraeva A. O., Dedegkaeva N. T., Bolotbekov Zh. On the concept of in-situ metal leaching. *Gornyye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2020;5(4):349-357. (In Russ.) DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-349-357

Актуальность проблемы восполнения выбывающих запасов для обеспечения минеральной безопасности России объясняется изменением экономической системы России, изменением географии добычи металлов и ослаблением минерально-ресурсной базы горного производства при переходе от открытого способа к подземному [1–3].

О промышленном выщелачивании цветных металлов известно с XVI в. (Испания). Широкое освоение способа связано с добычей меди на руднике «Кананеа» в Мексике (1924 г.) и на Урале (1930–1940 годы). Подземное выщелачивание металлов из руд в России было предсказано академиком А.Е. Ферсманом.

В настоящее время подземное выщелачивание применяется для добычи цветных металлов в США, России, Франции, Японии, Австралии, ФРГ и др. странах [4–7].

Исследованиями по добыче полезных ископаемых методами выщелачивания на геотехнологических предприятиях ранее других начали заниматься ИПКОН РАН, ВНИИХТ, ВНИПИПТ, СКГМИ (ГТУ) и лаборатории предприятий атомной отрасли.

Опытно-промышленные испытания шахтного подземного выщелачивания были начаты на Блявинском руднике Медногорского медно-серного комбината в 1971 г. Наибольшие успехи достигнуты при выщелачивании меди, урана и золота на предприятиях атомной отрасли СССР.

Как правило, объектами подобных исследований служили руды месторождений, отработка которых традиционными методами была экономически нецелесообразна [8–11]. В 1970-х годах был

отработан первый блок балансовых руд, а в настоящее время Приаргунский комбинат выщелачиванием добывает половину своей продукции.

Еще в 1974 г. этим методом получали 20 % мировой добычи меди. Его доля в мировом производстве некоторых полезных ископаемых достигает величины 80% [12–15]. Только в США подземным выщелачиванием ежегодно добывают 300 тыс. тонн меди и 4 тыс. тонн урана.

Целью исследований по указанной проблеме являются в том числе обобщение и систематизация сведений о добыче металлов методами выщелачивания. Задачей исследования является обоснование технологически корректных, безопасных и экономически эффективных параметров технологий шахтного выщелачивания с использованием натуральных и лабораторных методов, включая ретроспективный анализ практики выщелачивания в первую очередь на предприятиях урановой отрасли.

Общая часть

Условия применения. Возможность применения технологий выщелачивания определяется в основном минералогическим составом руды и составом породообразующих минералов.

Процесс выщелачивания урана из кусковой руды можно разделить на два периода: начальный, когда уран извлекается с поверхностных и приповерхностных частей рудных кусков, и конечный, когда уран извлекается из глубины куска. Переход урана из руды в раствор реагента заключается в прямом взаимодействии поверхности минералов с растворителем, фильтрующимся через слой руды, и в диффузионном перемещении растворенных солей в подвижном поровом растворе (рис. 1).

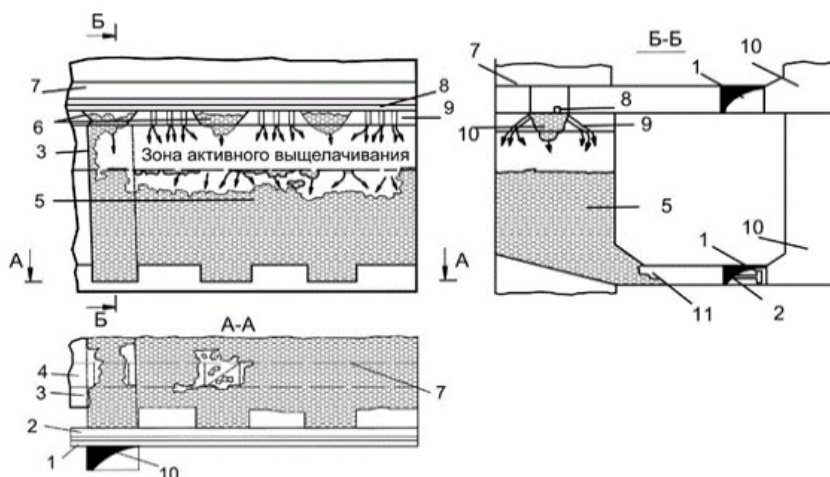


Рис. 1. Блок подземного выщелачивания металлов: план и разрезы:

1 – этажные штреки; 2 – приемник растворов; 3 – отрезная щель; 4 – отрезной восстающий; 5 – руда; 6 – рудоспуски; 7 – верхний штрек; 8 – трубопровод для подачи раствора; 9 – скважины для подачи раствора; 10 – восстающие; 11 – выпускные выработки

Fig. 1. In-situ metal leaching block: plan and sections:

1 – level drifts; 2 – pregnant solution receiver; 3 – slot; 4 – slot raise; 5 – ore; 6 – ore passes; 7 – upper gangway; 8 – solution supply pipeline; 9 – holes for solution supply; 10 – raises; 11 – drawpoints

Таблица 1

Типизация шахтных систем разработки выщелачивания (по Голику В. И.)

Typification of ISL methods (according to V. I. Golik)

Типы магазина	Варианты	Условия применения
В естественно-управляемых массивах	Из отбитой руды	Устойчивые вмещающие породы
	Из поданной извне руды	
В разрушенных массивах	Под несущими перекрытиями	Неустойчивые породы, склонные к обрушению
	Под разделяющими перекрытиями	
	Без перекрытий	
В искусственно-закрепленных массивах	С твердеющей закладкой	Породы любой устойчивости
	С деревянной крепью	
	С бетонной крепью	
В массивах из хвостов выщелачивания	Кольматированные продуктами выщелачивания	Породы, пригодные для выщелачивания
	С укреплением цементными растворами	
	С химическим укреплением	

Выщелачивание полиметаллических руд с низкой пористостью (менее 5 %) и незначительной проницаемостью растворов (менее 1 м/с) требует их предварительного дробления буровзрывным способом и магазинирования. В СНГ и за рубежом эффективна скважинная отбойка руд с короткозамедленным взрыванием в зажатой среде. В качестве компенсационного пространства используются очистные выработки, суммарный объем которых составляет 30 % объема вовлекаемых в отработку руд.

Условия применения систем разработки приведены в табл. 1.

Технологию шахтного выщелачивания с обрушением руд целесообразно применять при разработке руд различной крепости и устойчивости мощностью от нескольких до десятков метров. Она позволяет управлять как крупностью дробления руд, так и контурами обрушаемой камеры, поэтому может найти применение при разработке рудных тел с неvyдержанными элементами залегания и неравномерной минерализацией.

Практика шахтного выщелачивания. Опытно-промышленный блок впервые в мировой практике был отработан в крепких слоистых породах месторождения Восток на предприятии

МАЭП в Северном Казахстане. Особенность его заключалась в том, что выщелачивались не забалансовые некондиционные для традиционных технологий руды, а балансовые.

Параметры блока: длина по простиранию 60 м, высота 36–65 м, средняя мощность 20 м. Подготовительно-нарезные работы включали в себя проведение блоковых восстающих, штреков оросительного, бурового, дренажно-бурового и дренажного горизонта, буровых рассечек, сбоек и отрезного восстающего.

Для бурения скважин применяли станки НКР-100 М, при частичном выпуске использовали погрузочно-доставочные машины МПДН-1 и ЛБ 125/1000.

Отбойку руды осуществляли с двух подэтажей – бурового и дренажно-бурового вертикальными восходящими веерами скважин диаметром 85 мм по сетке 2,5×2,6 м.

Орошение блока производилось как секционно (попеременно восточная и западная половины), так и по всей поверхности, кроме того, в середине эксперимента был подключен промежуточный горизонт орошения на уровне бурового подэтажа. Орошение осуществляется через скважины-оросители в отбитой руде горизонтально, обсаженные перфорированными трубами.

Контрольными выработками по замагистринированной руде установлено:

- удовлетворительное дробление получено лишь в зонах выпуска;
- междуштрековые целики раздроблены на крупные обломки размерами более 300 мм и до 1 м;
- часть контура отбойки у бортов оказалась недробленной.

В блоке было произведено рыхление частично выщелоченной руды путем выемки целика, в результате чего образовалась пустота, которую погасили путем взрывания скважинными зарядами. Горная масса более чем на 50% была недоступной для выщелачивания.

Улучшению показателей выщелачивания способствует качественное дробление горного массива (рис. 2).

При подготовке руды этажным принудительным обрушением ее отбивали взрыванием зарядов глубоких скважин на всю высоту этажа. Эта технология перспективна для разработки мощных трещиноватых рудных залежей, не склонных к слеживанию, когда рудная минерализация приурочена к трещинам скола или тектоническим швам.

Такая технология применялась на урановом месторождении Северного Казахстана для отработки балансовых запасов системой слоевого обрушения. Выщелачивали забалансовые руды на двух горизонтах с высотой этажа 40 м. Отбойку руды производили глубокими скважинами.

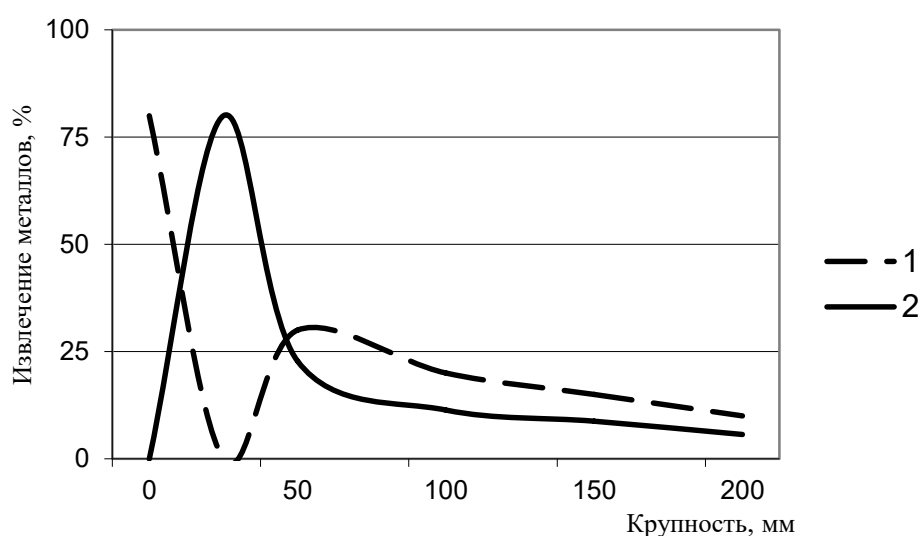


Рис. 2. Извлечение металлов из руд при подготовке:
 1 – с магазинированием; 2 – с этажным обрушением

Fig. 2. Extraction of metals from ores using preparation:
 1 – with shrinkage; 2 – with block caving

Для равномерного разрыхления горной (рудной) массы на нижнем горизонте образовывали горизонтальную подсечку высотой 12 м. Подсечные скважины взрывались с опережением на 1–2 ряда относительно скважин в камере. Буровые выработки верхнего горизонта использовались для прокладки по ним оросительных трубопроводов, а невзорванные части скважин – для орошения горной массы.

Во всех случаях стремились рационально совместить функции подготовительно-нарезных выработок (рис. 3).

Технико-экономические показатели системы приведены в табл. 2.

Подобной технологией отработано урансодержащее месторождение Северного Казахстана (Целинный горно-химический комбинат), приуроченное к интрузивному массиву, сложенному лейкократовыми гранит порфирами. Сближенные рудные тела жильного типа

имели мощность от 1–5 см до 0,5–1,5 м и крутое (80–90°) падение. Рудная минерализация была приурочена к различного рода трещинам. Руда и вмещающие породы имели коэффициент крепости 8–15 по М.М. Протодяконову.

На этом руднике использован вариант, при котором нижнюю подсечку образуют обрушением вееров нисходящих скважин из выработок верхнего горизонта и взрыванием концов дренажных скважин, пройденных с горизонта откатки.

Блоки характеризовались параметрами, м: высота 30–90; ширина 20–25; длина 30–40. Растворы подавались на горизонт орошения, где осуществлялась разводка оросительных систем. Продуктивные растворы улавливали с помощью скважин, пробуренных из выработок нижнего горизонта до зеркала подземных вод через 1,5–2 м.

Технико-экономические показатели процессов подготовки руд к подземному шахтному выщелачиванию приведены в табл. 3.

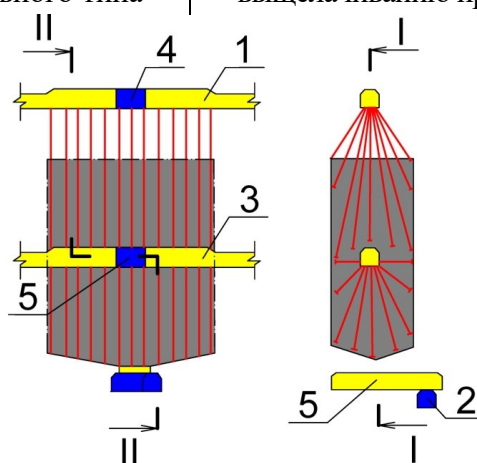


Рис. 3. Подготовка блока к выщелачиванию с совмещением функций выработок:

1 – оросительно-буровой штрек; 2 – нижний этажный штрек; 3 – буровой штрек; 4 – верхняя рассечка отрезной щели; 5 – нижняя рассечка отрезной щели; 6 – заходка

Fig. 3. Preparation of a block for leaching with combining mine working functions:

1 – sprinkling-drill drift; 2 – lower level drift; 3 – drill drift; 4 – slot upper crosscut; 5 – slot lower crosscut; 6 – cut

Таблица 2

Показатели технологии с этажным обрушением

Performance of block caving

Наименование	Показатели
Производительность труда забойного рабочего, м ³ /смену	17,7
Производительность бурения скважин, м/смену	12,1
Удельный расход ВВ, кг/м ³	1,2
Выход горной массы с 1 пог. м скважины	5,6
Удельный вес подготовительно-нарезных выработок, %	4–6

Основные технико-экономические показатели

Key performance indicators

Наименование показателей	Величина
Производительность труда забойного рабочего, м ³ /смену	14–17
Производительность труда бурильщиков, м/смену	12,1
Удельный расход ВВ, кг/м ³	0,9–1,2
Удельный вес подготовительно-нарезных выработок, %	6–12

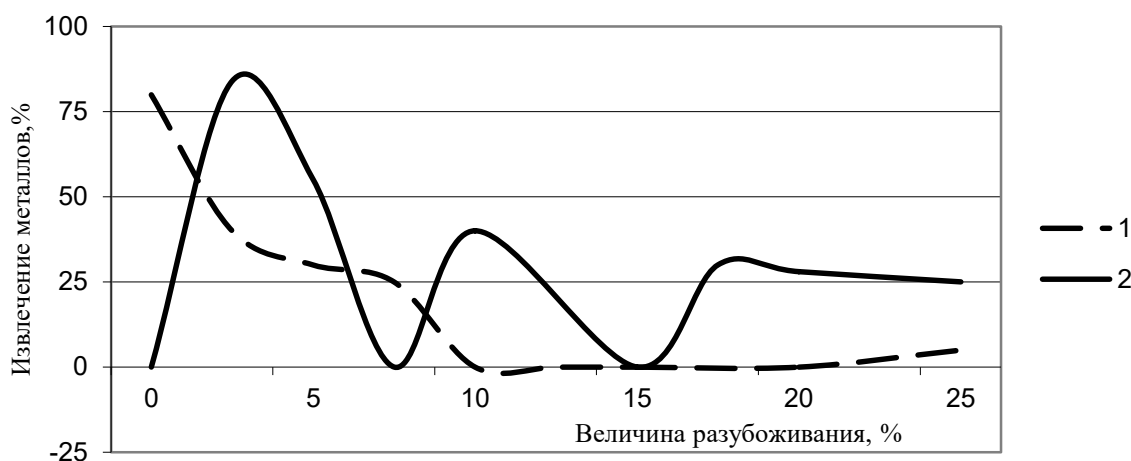


Рис. 4. Зависимость извлечения металлов от величины разубоживания руд при подготовке блоков:
 1 – с магазинированием; 2 – с этажным обрушением

Fig. 4. Dependence of metal recovery on ore dilution during block preparation:
 1 – with shrinkage; 2 – with block caving

Установлено, что на показатели извлечения металлов весьма существенно влияет разубоживание руд (рис. 4).

Интенсификация процессов выщелачивания. Основным недостатком шахтного подземного выщелачивания является низкая скорость получения металлов. При подземном выщелачивании даже хорошо раздробленных руд процесс длится 1–2 года, что значительно больше времени добычи традиционными способами. С целью увеличения скорости выщелачивания применяют методы интенсификации процесса.

Химические способы интенсификации выщелачивания имеют ограниченные возможности. Так, увеличение концентрации растворов кислот и щелочей более 5–8% не увеличивает скорость выщелачивания, а приводит к

выщелачиванию пустых карбонатных и силикатных пород, что снижает содержание металлов в концентратах и удорожает процесс. Количество металлов, которое окисляется под действием «парникового эффекта», можно рассчитать на основании минералогического состава руд и данных воздушной и гидрметаллометрических съемок.

Исследования влияния поверхностно-активных веществ на скорость выщелачивания показали, что увеличение ее возможно в 1,5–2 раза за счет добавок.

Биологические способы интенсификации выщелачивания по результативности значительно превосходят химические. Путем адаптации, а также используя мутагенные факторы, получают культуры новых бактерий с большей скоростью выщелачивания.

Физические способы интенсификации процессов выщелачивания обеспечивают увеличение скорости за счет активизации процессов окисления, уменьшения крупности руд и т.п., что позволяет эффективно производить добычу полезных ископаемых при кучном и подземном выщелачивании. Термическое воздействие увеличивает скорость выщелачивания в 2–3 раза при повышении температуры среды до +35 °С при бактериальном выщелачивании и до +80 °С – при химическом выщелачивании.

При воздействии электрическим током низкого напряжения скорость выщелачивания меди увеличивается в 2–3 раза. Воздействие током высокой частоты на сульфидные руды повышает скорость выщелачивания в 5–6 раз.

Основой механического способа интенсификации является перемещение кусков частично выщелоченной руды силой тяжести, воздействием взрыва, механизмами и машинами.

В практике выщелачивания производились опыты по рыхлению блоков выщелачивания взрыванием зарядов ВВ в отбитой руде и скважинах. Ударное воздействие взрывов невелико ввиду значительного (20–40%) объема пустот в материале, подвергаемом рыхлению, воздействие наблюдалось в зоне радиусом порядка нескольких диаметров заряда.

Применение технологий подземного выщелачивания возможно, например, для доработки Архонского, Садонского, Згидского, Холстинского и Фиагдонского месторождений (РСО-Алания). В их выработанном пространстве с суммарной площадью проекции на вертикальную плоскость 2,3 млн м², осталось в виде эксплуатационных потерь и в боковых оруденелых породах около 54 млн тонн рудной массы, обработка которой традиционными технологиями невозможна.

Несмотря на наличие исследований в области физико-химических технологий добычи металлов, некоторые их области изучены недостаточно. Это прежде всего применение

теории и передового опыта выщелачивания к условиям отдельных регионов.

С результатами исследований по рассматриваемой проблеме корреспондируют исследования по сопутствующим направлениям горного дела, включающим подготовку руд к выщелачиванию, осуществление контроля процесса и др. [16–20].

Заключение

Дефицит металлов для промышленности может быть восполнен расширением области применения технологий шахтного подземного выщелачивания металлических руд. Накопленный опыт разработки металлических месторождений позволяет детализировать концепцию развития прогрессивных природо- и ресурсосберегающих технологий добычи металлов подземным способом.

Обоснование корректных, безопасных и эффективных технологий шахтного выщелачивания включает в себя ретроспективный анализ практики выщелачивания на предприятиях урановой отрасли.

Технология шахтного выщелачивания с обрушением руд позволяет управлять крупностью дробления руд и контурами обрушаемых массивов при невыдержанных элементах залегающих и неравномерной минерализацией в процессе разработки мощных залежей, особенно когда рудная минерализация приурочена к трещинам скола или тектоническим швам.

Опыт подтверждает возможность выщелачивания не только некондиционных для традиционных технологий руд, но и балансовых.

Технологии подземного выщелачивания могут продлить сроки эксплуатации месторождений с комфортными условиями обработки, например, на Северном Кавказе, обработка которых традиционными технологиями неэффективна.

Возможности технологий добычи металлов выщелачиванием могут быть расширены за счет творческого применения теории и передового опыта к условиям отдельных регионов.

Библиографический список

1. Разоренов Ю.И., Голик В. И., Куликов М. М. *Экономика и менеджмент горной промышленности*: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по горно-геологическим специальностям. Новочеркасск; 2010.
2. Дмитрак Ю. В., Камнев Е. Н. АО «Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии» – путь длиной в 65 лет. *Горный журнал*. 2016;3:6-12.
3. Ghorbani Y., Franzidis J.-P., Petersen J. Heap Leaching Technology – Current State, Innovations, and Future Directions: A review. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. 2016;37(2):73-119.
4. Jarvie-Eggart M. E. *Responsible Mining: Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World*. Englewood, Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration; 2015. 804 p.
5. Дмитрак Ю. В., Цидаев Б. С., Дзапаров В. Х., Харебов Г. Х. Минерально-сырьевая база цветной металлургии России. *Вектор ГеоНаук*. 2019;2(1):9–18.
6. Голик В. И., Буй Х. Н., Масленников С. А., Анищенко В. И. Использование свойств дискретных пород для оптимизации процессов погашения выработанного пространства. *Горные науки и технологии*. 2019;4(3):213-219. DOI: [10.17073/2500-0632-2019-3-213-219](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2019-3-213-219)
7. Гавришев С. Е., Бурмистров К. В., Осинцев Н. А. Концепция устойчивого функционирования и развития горнотехнических систем в переходные периоды. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2019;(3):145-160.
8. Голик В. И., Разоренов Ю. И., Страданченко С. Г., Хашева З. М. Принципы и экономическая эффективность комбинирования технологий добычи руд. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2015;326(7):6-14.
9. Golik V. I., Doolin A. N., Komissarova M. A., Doolin R. A. Evaluating the effectiveness of utilization of mining waste. *International Business Management*. 2015;9(6):1119-1123.
10. Дзапаров В. Х. Угроза безопасности жизнедеятельности региона РСО-Алания. *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2009;3(27):75-76.
11. Ляшенко В. И. Природоохранные технологии освоения сложноструктурных месторождений полезных ископаемых. *Маркшейдерский вестник*. 2015;(1):10-15.
12. Oxley A., Smith M. E., Saceres O. Why heap leach nickel laterites? *Minerals Engineering*. 2016;88:53-60
13. Sinclair L., Thompson J. In situ leaching of copper: Challenges and future prospects. *Hydrometallurgy*. 2015;157:306-324.
14. Ляшенко В. И., Хоменко О. Е., Голик В. И. Развитие природоохранных и ресурсосберегающих технологий подземной добычи руд в энергонарушенных массивах. *Горные науки и технологии*. 2020;5(2):104-118. DOI: [10.17073/2500-0632-2020-2-104-118](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2020-2-104-118)
15. Мельников И. Т., Гавришев С. Е., Михайлов А. Г., Пыталев И. А., Шевцов Н. С., Васильев К. П. Новый подход для оценки эффективности работы горно-обогачительных комбинатов. *Горная промышленность*. 2012;5(105):60-66.
16. Разоренов Ю. И., Белодедов А. А., Шмаленюк С. А. Определение потерь и разубоживания при разработке месторождений полезных ископаемых. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2009;(9):47-50.
17. Дмитрак Ю. В., Вержанский А. П. Тенденции применения оборудования для тонкого измельчения горных пород. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2000;(6):184-188.
18. Комащенко В. И. Применение современных способов инициирования и конструкций скважинных зарядов для повышения качества дробления массивов горных пород. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2015;2(24):12-17.
19. Ляшенко В. И., Стусь В. П. Охрана окружающей среды в зоне влияния уранового производства. *Безопасность жизнедеятельности*. 2015;3:37-44.
20. Качурин Н. М., Стась Г. В., Корчагина Т. В., Змеев М. В. Геомеханические и аэрогазодинамические последствия подработки территорий горных отводов шахт Восточного Донбасса. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2017;1:170-182.

References

1. Razorenov Yu. I., Golik V. I., Kulikov M. M. *Economics and management of mining industry: textbook*. Manual for graduate students with specialization in geology and mining. Novocheerkassk; 2010. (In Russ.)
2. Dmitrak Yu. V., Kamnev E. N. JSC “Leading Design-and-Survey and Scientific Research Institute of Industrial Technology” – 65 years of development. *Gornyy zhurnal*. 2016;3:6-12. (In Russ.)
3. Ghorbani Y., Franzidis J.-P., Petersen J. Heap Leaching Technology – Current State, Innovations, and Future Directions: A review. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. 2016;37(2):73-119

4. Jarvie-Eggart M. E. *Responsible Mining: Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World*. Englewood, Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration; 2015. 804 p.
5. Dmitrak Yu. V., Tsidaev B. S., Dzaparov V. Kh., Kharebov G. Kh. Mineral resource base of nonferrous metallurgy in Russia. *Vektor GeoNauk*. 2019;2(1):9–18. (In Russ.)
6. Golik V. I., Bui X. N., Maslennikov S. A., Anischenko V. I. Using Properties of Discrete Rocks to Optimize Backfilling. *Gornye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2019;4(3):213-219. DOI: [10.17073/2500-0632-2019-3-213-219](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2019-3-213-219) (In Russ.)
7. Gavrishev S. E., Burmistrov K. V., Osintsev N. A. The concept of sustainable functioning and development of mining systems in transition periods. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2019;(3):145-160. (In Russ.)
8. Golik V. I., Razorenov Yu. I., Stradanchenko S. G., Khasheva Z. M. Principles and economic performance of combining ore mining methods. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*. 2015;326(7):6-14. (In Russ.)
9. Golik V. I., Doolin A. N., Komissarova M. A., Doolin R. A. Evaluating the effectiveness of utilization of mining waste. *International Business Management*. 2015;9(6):1119-1123.
10. Dzaparov VKh. A threat to life safety in the North Ossetia-Alania region. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*. 2009;3(27):75-76. (In Russ.)
11. Lyashenko V. I. Environmental protection technologies for development of mineral deposits of complicated structure. *Mine surveying bulletin*. 2015;(1):10-15. (In Russ.)
12. Oxley A., Smith M. E., Caceres O. Why heap leach nickel laterites? *Minerals Engineering*. 2016;88:53-60
13. Sinclair L., Thompson J. In situ leaching of copper: Challenges and future prospects. *Hydrometallurgy*. 2015;157:306-324
14. Lyashenko V. I., Khomenko O. E., Golik V. I. Friendly and Resource-Saving Methods of Underground Ore Mining in Disturbed Rock Masses. 2020;5(2):104-118. DOI: [10.17073/2500-0632-2020-2-104-118](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2020-2-104-118) (In Russ.)
15. Melnikov I. T., Gavrishev S. E., Mikhailov A. G., Pytalev I. A., Shevtsov N. S., Vasiliev K. P. A new approach for assessing performance of mining and processing complexes. *Russian Mining Industry*. 2012;5(105):60-66. (In Russ.)
16. Razorenov Yu. I., Belodedov A. A., Shmalenyuk S. A. Determination of losses and dilution in the course of development of mineral deposits. *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2009;(9):47-50. (In Russ.)
17. Dmitrak Yu. V., Verzhansky A. P. Trends in the use of equipment for fine grinding of rocks. *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2000;(6):184-188. (In Russ.)
18. Komashchenko V. I. Application of modern methods of initiation and designs of blasthole charges to improve the quality of rock mass crushing. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2015;2(24):12-17. (In Russ.)
19. Lyashenko V. I., Stus' V. P. Environmental protection in the zone affected by uranium production. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* 2015;3:37-44. (In Russ.)
20. Kachurin N. M., Stas G. V., Korchagina T. V., Zmeev M. V. Geotechnical and aero-gasdynamic consequences of undermining of mining leases of Eastern Donbass collieries. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2017;1:170-182. (In Russ.)

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-358-366

Перспективы разработки Садонских месторождений подземным выщелачиванием

И. Ю. Гарифулина¹, А. Г. Абдулхалимов², И. А. Засеев², Ю. А. Майстров²¹Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан, Россия²Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия

Аннотация: Проблема восстановления утраченного горнопромышленного потенциала для РСО-Алания имеет особую актуальность. Впервые при решении проблемы функционирования Садонского свинцово-цинкового комбината в связи с истощением запасов и ухудшением качества извлекаемых полиметаллических руд исследована возможность эксплуатации целого месторождения шахтным подземным выщелачиванием металлов. Дана характеристика промышленного оруденения Восточно-Джимидонской рудной зоны в увязке с технологическими особенностями подготовки руд к выщелачиванию. Дана комплексная оценка соответствия свойств руд и параметров их локализации требованиям, предъявляемым технологическим регламентом подземного шахтного выщелачивания. Сделана ревизия запасов свинца и цинка Джимидонского рудного поля с учетом увеличения доступных для переработки запасов при понижении кондиции на металлы. Рассмотрен теоретический аспект задачи качественного разрушения, облегчающего последующее выщелачивание металлов, как приоритетное отделение неповрежденных зерен полезного компонента от минералов пустой породы при избирательном расходе энергии только на разрыв межатомных связей вдоль поверхностей срастаний. Установлен критерий требования к взрывной подготовке руд как обеспечение уровня энергетического воздействия, достаточного для разрушения ослабленных межзерновых связей и недостаточного для разрушения отдельных зерен. Впервые показан механизм расширения минерально-сырьевой базы за счет снижения требований к кондициям на руды при конверсии традиционных технологий подземной разработки месторождений на технологии шахтного подземного выщелачивания. Показана приоритетность обеспечения качества дробления руд для выщелачивания путем оптимизации энергетических показателей взрыва. Эффективность технологий выщелачивания будет определяться с учетом геологических параметров месторождений и обеспечения крупности выщелачиваемого рудного куска.

Ключевые слова: Садонский рудный узел; запасы и качество руд; минерально-сырьевая база; свинец; цинк; свинцово-цинковый комбинат; шахтное подземное выщелачивание; металлы; разрушение минералов; кондиция

Для цитирования: Гарифулина И. Ю., Абдулхалимов А. Г., Засеев И. А., Майстров Ю. А. Перспективы разработки Садонских месторождений подземным выщелачиванием. *Горные науки и технологии*. 2020;5(4):358-366. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-358-366

Prospects for development of Sadon deposits by in-situ leaching

I. Y. Garifulina¹, A. H. Abdulkhalimov², I. A. Zaseev², Yu. A. Maystrov²¹North-Eastern State University, Magadan, Russia²North-Caucasian institute of mining and metallurgy (State technological university), Vladikavkaz, Russia

Abstract: The problem of restoring the lost mining potential is of particular relevance for North Ossetia-Alania. For the first time, for solving the problem of the Sadon lead-zinc complex, in connection with depletion of reserves and decreasing grade of extracted polymetallic ores, the feasibility of exploiting the whole deposit by in-situ leaching (ISL) method was investigated. Commercial mineralization of the East Dzhimidon ore zone was characterized in relation to the technological features of the ore preparation for leaching. A comprehensive assessment of the compliance of the ores and the parameters of their position with the requirements of in-situ leaching protocols was given. An audit of the lead and zinc reserves of the Dzhimidon ore field was implemented, taking into account the increase in the reserves eligible for processing due to decreasing the cut-off grades. The theory for effective rock rupture provision to facilitate the subsequent metal was considered. The study was focused on priority separation of intact grains of the useful component from barren rock minerals, with selective energy consumption for breaking interatomic bonds along the intergrowth surfaces only. A criterion of ore blasting preparation (for ISL) was determined, namely, ensuring the level of energy impact, sufficient for breaking weakened



intergranular bonds but insufficient for rupture of individual grains. For the first time, a mechanism for expanding mineral resource base through decreasing cut-off grades due to shifting from common underground mining methods to in-situ leaching was demonstrated. The priority of ensuring the quality of ore crushing for leaching through optimization of the blast energy parameters was shown. The ISL performance will be determined taking into account geological parameters of the deposits and ensuring the size of ore grain to be leached.

Keywords: Sadon ore cluster; reserves and quality of ores; mineral resource base; lead; zinc; lead-zinc complex; ISL; metals; destruction of minerals; acceptable grade

For citation: Garifulina I. Y., Abdulkhalimov A. H., Zaseev I. A., Maystrov Yu. A. Prospects for development of Sadon deposits by in-situ leaching. *Gornye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2020;5(4):358-366. (In Russ.) DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-358-366

Введение

Месторождения полиметаллических руд Садонского рудного узла в историческом срезе всегда играли важную роль в стратегическом отношении как для региона, так и для России. Были времена, когда Садон или полностью, или в большой мере обеспечивал потребности России в свинце и цинке. Садонский комбинат был градообразующим для РСО-Алания.

Поэтому проблема восстановления утраченного горнопромышленного потенциала имеет особую актуальность и требует решения.

Сырьевую базу Садонского свинцово-цинкового комбината (ССЦК) составляют запасы 11 полиметаллических месторождений. Длительный период их эксплуатации привёл к истощению запасов и ухудшению качества извлекаемых полиметаллических руд при увеличении стоимости их добычи и переработки [1–4].

Из сферы производственной деятельности выведены Холстинское и Левобережное месторождения, а также Фиагдонская группа месторождений. Часть месторождений являются резервными и для начала их промышленного освоения необходимы значительные капитальные вложения (далее – капвложения).

Целью исследования является обоснование возможности конверсии горно-обогачительного производства на принципиально новую технологию, отвечающую условиям рыночных отношений нового времени. Для достижения этой цели необходимо решить задачи детализации геологических условий в целях осуществления конверсии и особенностей буровзрывной подготовки руд к выщелачиванию.

Для обоснования возможности шахтного подземного выщелачивания осуществляется аудит имеющихся и перспективных запасов по геолого-маркшейдерским данным, преимущественно для промышленного оруденения Восточно-Джимидонской рудной зоны Буронской свиты. Осуществляется прогнозирование увеличения промышленных запасов за счет понижения балансового порога технологического передела руд по новой технологии.

Оценивается принципиальная возможность в данных условиях селективного отделения неповрежденных зерен полезного компонента от минералов пустой породы при избирательном расходе энергии только на разрыв межатомных связей вдоль поверхностей сростаний, что должно обеспечить эффективность разработки месторождений методом шахтного подземного выщелачивания.

Рассматриваемая технология имеет многовековую историю. В настоящее время выщелачиванием добывается существенная часть металлов, прежде всего уран, золото и медь. В СССР подземное шахтное выщелачивание стало использоваться с середины прошлого века, особенно активно при добыче урана. На месторождениях Стрельцовской группы эта технология стала основной. В зарубежной практике шахтным подземным выщелачиванием дорабатывают участки месторождений, по разным причинам недоступных для традиционных технологий.

Совершенствование горных и смежных технологий, а также изменение рудной базы с увеличением глубины горных работ и перемещением их в менее комфортные для добычи

условия повышают возможности рассматриваемой технологии стать основной при разработке месторождений вскрываемых руд.

Направления восстановления производственного потенциала

Производственная деятельность Садонского СЦК по экономическим соображениям возможна только на Згидском, Садонском и Архонском месторождениях. В их пределах рентабельных запасов, которые могут отрабатываться без больших капложений, осталось на 6–7 лет (табл. 1).

Поддержать минерально-сырьевую базу Садонского комбината и продлить время его

функционирования может ввод в эксплуатацию новых месторождений с более богатыми рудами и благоприятными экономическими условиями.

Наиболее перспективным в этом отношении является Джимидонское месторождение, на котором результаты геологоразведочных работ позволят создать компактное горнодобывающее производство за счёт применения новой технологии. Привлекательна отработка зоны № 5 с повышенным содержанием свинца и цинка, а также V, Cu, Co, Se, Be, W и Ag. Содержание золота достигает 5–12 г/т.

Таблица 1

Сырьевая база Садонского свинцово-цинкового комбината
 Resource base of Sadon Lead-Zinc Complex

Месторождение	Запасы, тыс. т				Местонахождение	Подготовленность запасов к добыче			Параметры добычи		
						активные	пассивные	потери, %	разубоживание, %	мощность, тыс. т/г.	обеспеченность запасами, г
	B	C ₁	B + C ₁	C ₂							
Згидское	117	117	234	–	Между этажами 12–14	+	–	5	25	30	5,9
	<u>2,47</u>	<u>2,47</u>	<u>2,24</u>								
	<u>2,12</u>	<u>2,12</u>	<u>1,97</u>								
Садонское	22	34	56	20	Шахта Северная, 13-й горизонт; зона Центральная, блоки №№ 138 и II C ₂ , LVI-C ₁ , 136, 137; гор. № 5 блок № 52 по Главной рудной зоне	+	–	3,3	33	20	6,6
	<u>1,32</u>	<u>0,61</u>	<u>0,89</u>	<u>1,00</u>							
	<u>9,40</u>	<u>3,19</u>	<u>5,89</u>	<u>4,55</u>							
	–	20	20	20	Между горизонтами 9 и 6; главная зона	–	+	3,3	33	20	2,0
		<u>3,01</u>	<u>3,01</u>	<u>2,10</u>							
			<u>4,33</u>	<u>4,33</u>	<u>3,03</u>						
	–	–	–	<u>22</u> <u>2,01</u> <u>2,69</u>	Между этажами 11–9; блок I-C ₂ ; главная зона	–	+	3,3	33	20	1
Архонское	111	269	380		Жилы Северная и Малая	+	–	3,2	29	20	19
	<u>1,87</u>	<u>1,43</u>	<u>1,56</u>								
	<u>3,15</u>	<u>2,51</u>	<u>2,70</u>								
				40,0	Жилы Малая и Архонская-1	–	+	3,2	29	20	2
			<u>1,20</u> <u>3,01</u>								
Всего	307	668	975	102	-	102	122	–	–	85	12,7
	<u>2,00</u>	<u>1,58</u>	<u>1,71</u>	<u>1,49</u>							
	<u>3,15</u>	<u>3,03</u>	<u>3,07</u>	<u>3,25</u>							

Примечание: в графе Запасы вверху показаны запасы руды, внизу – металлов: в числителе – свинец, в знаменателе – цинк

Note: in the column Reserves, at the top, the ore reserves are shown, and, at the bottom, the reserves of metals: lead in the numerator and zinc in the denominator

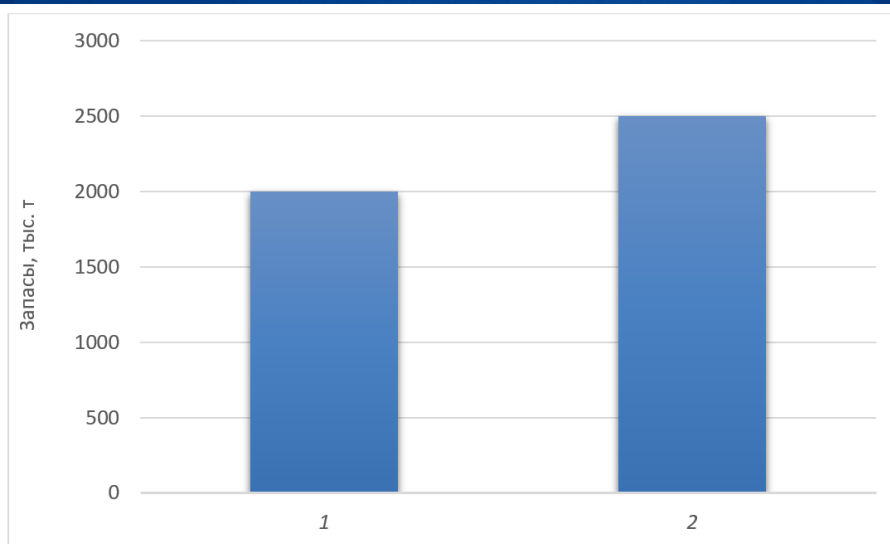


Рис. 1. Увеличение запасов полиметаллических руд при конверсии технологий:
 1 – традиционная подземная технология; 2 – шахтное подземное выщелачивание

Fig. 1. Increasing reserves of polymetallic ores due to changing mining method:
 1 – traditional underground mining; 2 – in-situ leaching

Расширение минерально-сырьевой базы Садонского свинцово-цинкового комбината возможно при конверсии технологии разработки с традиционной горной технологии на шахтное подземное выщелачивание металлов (рис. 1) [5–8].

Такой переход обеспечит как уменьшение потерь и разубоживания руд, так и снижение порога кондиционного содержания полиметаллов в рудах, что позволит перевести часть забалансовых руд в категорию промышленных.

Геологические особенности месторождения

Основной объем промышленного оборудования Восточно-Джимидонской рудной

зоны локализован в кристаллических сланцах и амфиболитах Буронской свиты. Здесь выявлены преимущественно пирит-пирротиновые руды с низким содержанием свинца и цинка.

Месторождение было отнесено к 4-й группе сложности, а его запасы классифицированы категорией С2 и составляют 2 287,5 тыс. т руды, в ней 20 тыс. т свинца с содержанием 0,88 %, 67 тыс. т цинка с содержанием 2,94 %.

Морфологически крутопадающие рудные тела представлены или типичными жилами с отчетливыми геологическими контактами, или жильными зонами, контакты которых устанавливаются только по результатам химического опробования (табл. 2).

Таблица 2

Взаимосвязь характеристик месторождения с технологическими особенностями

Relationship between the deposit geological and structural features and mining methods and performance

Геологические характеристики	Возможные последствия	Технологическое решение
Крутое падение рудных тел	Низкая дробимость пород	Взрывание в зажиме
Пологое падение рудных тел	Потери растворов	Взрывание с компенсацией
Структурная зональность	Разубоживание и потери	Селективная отработка
Минералогическая зональность	Загрязнение продукционных растворов	Оптимизация реагентов
Снижение содержания металлов	Удорожание продукции	Совершенствование процессов

Самостоятельные месторождения золота и серебра в пределах Джимидонского рудного поля неизвестны. Рудопроявления этих металлов по формационной принадлежности можно подразделить на три группы.

Первая из них с профилирующим серебром связана с сульфидными полиметаллическими рудными телами. Серебро ассоциирует с галенитом и в процессе обогащения накапливается в концентрате, откуда извлекается при металлургическом переделе. Серебро играет ведущую роль в извлекаемой ценности руд, его содержание составляет десятки грамм на тонну. Золото накапливается в свинцовых концентратах при содержании в десятые доли грамма на тонну.

Вторая группа представлена самостоятельным оруденением золота, связанным с сильноизменёнными вулканитами, представленными андезитами, испытавшими изменения, выразившиеся в пиритизации, хлоритизации и образовании светлых слюд.

Третья группа представлена эпитермальным золотосеребряным типом оруденения. Золото здесь отличается многообразием минеральных форм, ассоциируя с серебром, с которым образует непрерывный ряд.

Утвержденные запасы руды на участке Бозанг по категории С₁ составляют 457 тыс. т, в которой содержится 10 тыс. т свинца и 22 тыс. т цинка. По сложности геологического строения и характеру распределения оруденения это месторождение отнесено к 3-й группе.

Рудная зона представлена прожилковыми, прожилково-вкрапленными, вкрапленными и массивными рудами, что определяет специфику их взрывного разрушения (табл. 3).

Мощность рудного тела на участке отработки блока колеблется от 1 до 6 м, в среднем составляя 2,8 м. Сульфиды представлены преимущественно пиритом, сфалеритом, галенитом.

На участке опытной отработки среднее содержание свинца составляет 2,7 %, цинка 3,9 %.

Расчет содержания полезных компонентов в блоках выщелачивания, а также мощность, содержание свинца, цинка и меди представлены в табл. 4.

Гидрогеологические условия участка Бозанг сравнительно просты: по отдельным тектоническим разрывам возможен капез, редко струйчатый, а удельный дебит вод составит 1–1,2 л/ч на 1 м горной выработки.

Таблица 3

Специфика БВР в зависимости от типа оруденения

Drilling-and-blasting specific features depending on the type of mineralization

Типы оруденения	Характеристика отбойки	Размер рудного куска, мм
Жильный	На компенсационное пространство	50–80
Прожилково-вкрапленный	На компенсационное пространство	20–30
Вкрапленный	На зажатую среду	10–20
Массивный	На зажатую среду	10

Таблица 4

Запасы руды и металлов в пределах опытных блоков ШПВ

Ore and metal reserves within the ISL test blocks

Блоки	Площадь, м ²	Мощность, м	Объем, м ³	Запасы руды, т	Содержание металлов, %		
					свинец	цинк	медь
1	1960	3,42	4743	14 751	2,45	5,45	0,35
2	2000	2,33	4660	14 493	0,52	1,76	0,31
3	2000	3,75	7500	23 325	2,76	4,24	1,8
Итого	5960	2,83	16903	52 569	2,05	3,89	0,63

Таблица 5

Промышленный потенциал свинца и цинка Джимидонского рудного поля

Commercial lead and zinc potential of Dzimidon ore field

Категория запасов	Руда, тыс. т	Свинец, тыс. т (сод. %)	Цинк, тыс. т (сод. %)	Сумма металлов, тыс. т (сод. %)
<i>Рудная зона Бозанг</i>				
C ₁	757,7	17,9 (2,36)	43,6 (5,75)	61,5 (8,11)
C ₂	425,7	8,3 (1,95)	30,1 (7,07)	38,4 (9,02)
C ₁ + C ₂	1183,4	26,2 (2,21)	73,7 (6,23)	99,9 (8,44)
P ₁	2406,5	46,8 (1,94)	113,4 (4,71)	160,2 (6,65)
Всего по рудной зоне	3589,9	73,0 (2,03)	187,1 (5,21)	260,1 (7,24)
<i>Рудная зона Восточный Джимидон</i>				
C ₂	1287,5	20,2 (0,88)	66,8 (2,94)	87,0 (3,82)
P ₁	3443,6	54,8 (1,59)	143,7 (4,1)	198,5 (5,76)
P ₂	3324,0	28,0 (0,85)	97,0 (0,92)	125,0 (3,77)
Всего по рудной зоне	9055,1	103,0 (1,14)	307,5 (3,40)	410,5 (4,53)
<i>Рудная зона Цагарсар</i>				
P ₁	216,0	7,0 (3,24)	9,9 (4,60)	16,9 (7,84)
<i>Каднукт-Ахшартырагская аномальная зона</i>				
P ₁	1761,0	52,0 (2,95)	82,0 (4,66)	134,0 (7,61)
<i>Всего по Джимидонскому рудному полю</i>				
C ₁ + C ₂ + P ₁ + P ₂	14 622,0	235,0 (1,61)	586,5 (4,01)	821,5 (5,62)

Результаты разведки участка опытных блоков свидетельствуют о высоком качестве полиметаллических руд. В запасах, классифицированных категорией В, содержание свинца составляет 3,41 %, цинка – 6,17 %.

Анализ промышленного оруденения позволяет прогнозировать полиметаллическую рудную зону ещё на 750–800 м с предпосылками существенного (~в 2 раза) увеличения промышленных запасов (табл. 5).

Дробление руд для выщелачивания

Задача качественного разрушения (облегчающего последующее выщелачивание полиметаллов) состоит в отделении неповрежденных зерен полезного компонента от минералов пустой породы, что достигается при избирательном расходе энергии только на разрыв межзатомных связей вдоль поверхностей срастаний [9–12].

Процесс разрушения следует проводить с таким уровнем энергетического воздействия, который достаточен для разрушения ослабленных межзатомных связей и недостаточен для разрушения отдельных зерен [13–17].

Из рис. 2 видно, что качество дробления горной массы оказывает наибольшее влияние на

эффективность разработки месторождений методом шахтного подземного выщелачивания.

Горная порода, по М.Н. Тедееву, должна быть разделена на составляющие ее кристаллы минералов для обеспечения доступа технологических растворов. Целесообразно взрывом раскрыть сростки, чтобы осуществить процесс выщелачивания полезного компонента, пользуясь микротрещинами. При этом разупрочнение нужно произвести по межзатомным границам, что обеспечит селективность обработки минералов растворами (рис. 3).

Рудные минералы разупрочняются взрывом в меньшей степени, чем породообразующие (кроме кварца, который наиболее устойчив к взрывному разупрочнению).

Равномерное и оптимальное дробление полиметаллических руд для выщелачивания обеспечивается правильным выбором типа взрывчатых веществ и их энергетических показателей. При взрыве на выброс на разупрочнение горного массива затрачивается примерно 1 % образующейся энергии, а при взрыве в зажатой среде, когда энергия пропорциональна импульсу, – примерно 2,5 %.

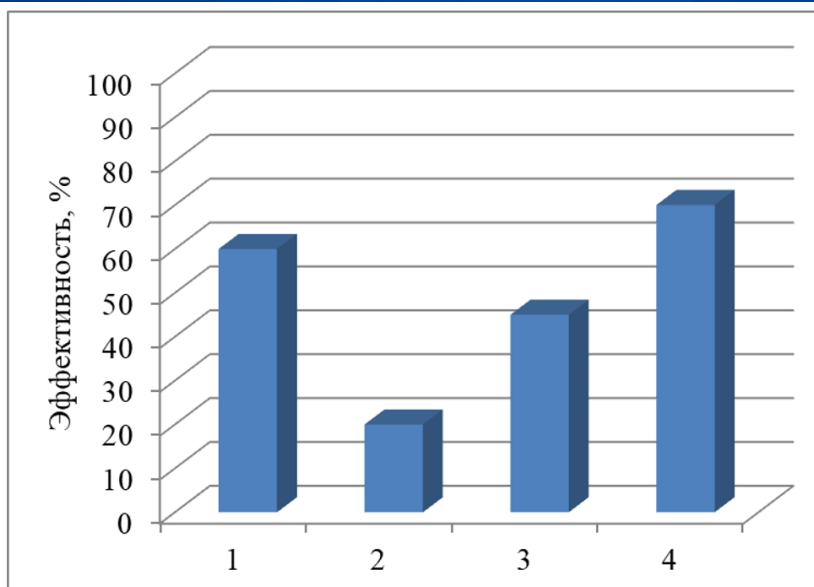


Рис. 2. Влияние на эффективность процессов выщелачивания металлов:

1 – сбор продуктивных растворов; 2 – конструкция блока; 3 – подача выщелачивающего раствора; 4 – дробление руд

Fig. 2. Influence on performance of metal leaching processes:

1 – collection of pregnant solutions; 2 – block design; 3 – supply of leaching solution; 4 – crushing of ores

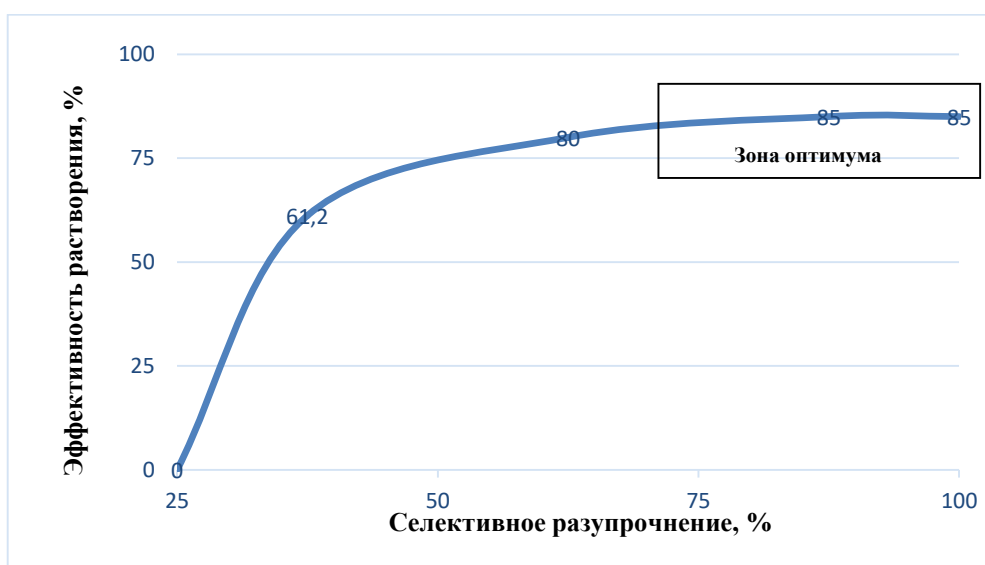


Рис. 3. Зависимость параметров выщелачивания от селективности разупрочнения пород

Fig. 3. Dependence of leaching parameters on the selectivity of rock weakening

При взрывании горнорудной массы в зажиме происходит преимущественно микро-трещинное разрушение и вскрытие рудных минералов для последующего воздействия на них выщелачивающих растворов. При взрыве на выброс разупрочнение и концентрация микро-трещин уменьшаются. Поэтому для целей выщелачивания металлов предпочтительнее системы с использованием элементов отбойки в зажатой среде.

Полученные результаты исследования корреспондируют с данными специалистов затронутного направления горного дела [18–20].

Заклучение

Перспективы восстановления утраченного потенциала Садонского свинцово-цинкового комбината возможны при комбинировании традиционной горной технологии и технологии шахтного подземного выщелачивания металлов из руд.

Рудные зоны месторождений сложены рудами с удовлетворительными для выщелачивания свойствами, что позволяет управлять процессами комбинированной разработки.

Дробление руд для выщелачивания обеспечивается с оптимизацией энергетических показателей взрывной отбойки.

Конверсия традиционной технологии подземной разработки полиметаллических

месторождений Садона на технологии шахтного подземного выщелачивания может обеспечить расширение минерально-сырьевой базы и восстановление утраченного потенциала предприятия за счет снижения требований к кондициям на руды. Приоритетным условием эффективности конверсионной технологии является учет геологических условий месторождений и обеспечение крупности выщелачиваемого рудного куска.

Библиографический список

1. Каргинов К. Г. Исследование возможности селективного разупрочнения горных пород и руд в зависимости от их минерального состава и параметров взрыва. *Матер. I Междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр»*. М.: Изд-во РУДН; 2002. С.179–182.
2. Голик В. И., Буй Х. Н., Масленников С. А., Анищенко В. И. Использование свойств дискретных пород для оптимизации процессов погашения выработанного пространства. *Горные науки и технологии*. 2019;4(3):213-219. DOI: [10.17073/2500-0632-2019-3-213-219](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2019-3-213-219)
3. Голик В. И., Комащенко В. И. Отходы обогащения железистых кварцитов как сырье для доизвлечения металлов и использования в качестве закладочных смесей. *Горный журнал*. 2017;(3):43-47.
4. Golik V. I., Gabaraev O. Z., Maslennikov S. A., Khasheva Z. M., Shulgaty L. P. The provision of development conversion perspectives into underground one for Russian iron ore deposits development. *The Social Sciences (Pakistan)*. 2016;11(18):4348-4351.
5. Голик В. И., Разоренов Ю. И., Каргинов К. Г. Основа устойчивого развития РСО-Алания – горнодобывающая отрасль. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2017;9(2(32)):163-171.
6. Дмитрак Ю. В., Цидаев Б. С., Дзапаров В. Х., Харебов Г. Х. Минерально-сырьевая база цветной металлургии России. *Вектор Гео Наук*. 2019;2(1):9-18.
7. Дмитрак Ю. В. Теория движения мелющей загрузки и повышение эффективности оборудования для тонкого измельчения горных пород: автореф. дисс... д-ра техн. наук. М.; 2000. 44 с.
8. Chen T., Lei C., Yan B., Xiao X. Metal recovery from the copper sulfide tailing with leaching and fractional precipitation technology. *Hydrometallurgy*. 2014;147-148:178-182.
9. De Oliveira D.M., Sobral L.G.S., Olson G.J., Olson S.B. Acid leaching of a copper ore by sulphur-oxidizing microorganisms. *Hydrometallurgy*. 2014;147-148:223-227.
10. Дмитрак Ю. В., Шишканов К. А. Разработка вероятностной кинематической модели мелющих тел в помольной камере вибрационной мельницы. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2010;(12):302-308.
11. Захаров Е. И., Анциферов С. В., Саммаль А. С., Никулин И. Б. Изучение механизма природных процессов – основа решения экологических проблем при добыче твердых полезных ископаемых. *Известия ТулГУ. Науки о Земле*. 2016;(3):24-30.
12. Sekisov A. G., Shevchenko Y. S., Lavrov A. Y. Prospects for underground leaching in gold mines. *Journal of Mining Science*. 2016;52(1):115-120. DOI: [10.1134/S1062739116010198](https://doi.org/10.1134/S1062739116010198)
13. Горбатова Е. А., Емельяненко Е. А. Переработка окисленных медных руд, как фактор развития и расширения минерально-сырьевой базы ЗАО «Михеевский ГОК». *Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии*. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН; 2016. С. 276–277.
14. Комащенко В. И., Васильев П. В., Масленников С. А. Технологиям подземной разработки месторождений КМА – надежную сырьевую основу. *Известия ТулГУ. Науки о Земле*. 2016;2:95-101.
15. Гавришев С. Е., Корнилов С. Н., Пыталев И. А., Гапонова И. В. Повышение экономической эффективности горнодобывающих предприятий за счет вовлечения в эксплуатацию техногенных георесурсов. *Горный журнал*. 2017;(12):46-51.
16. Дмитрак Ю. В., Цидаев Б. С., Дзапаров В. Х., Харебов Г. Х. Минерально-сырьевая база цветной металлургии России. *Вектор ГеоНаук*. 2019;2(1):9-18.
17. Ghorbani Y., Franzidis J.-P., Petersen J. Heap Leaching Technology – Current State, Innovations, and Future Directions. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review: A review*. 2016;37(2):73-119.

18. Качурин Н. М., Стась Г. В., Корчагина Т. В., Змеев М. В. Геомеханические и аэрогазодинамические последствия подработки территорий горных отводов шахт Восточного Донбасса. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2017;1:170-182

19. Ляшенко В. И., Хоменко О. Е., Голик В. И. Развитие природоохранных и ресурсосберегающих технологий подземной добычи руд в энергонарушенных массивах. *Горные науки и технологии*. 2020;5(2):104-118. DOI: [10.17073/2500-0632-2020-2-104-118](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2020-2-104-118)

20. Brigida V. S., Kozhiev K. K., Saryan A. A., Dzhioeva A. K. Time-space problems in geocology. An inter-disciplinary approach: *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2020;4:20-32. DOI: [10.25018/0236-1493-2020-4-0-20-32](https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-4-0-20-32)

References

1. Karginov K. G. Study into the feasibility of selective weakening of rocks and ores depending on their mineral composition and blasting parameters. *Proc. of international conf. "Resource-reproducing, low-waste, and environmentally sound processes for subsoil development."* Moscow: RUDN Publ.; 2002. P. 179–182

2. Golik V. I., Bui X. N., Maslennikov S. A., Anischenko V. I. Using Properties of Discrete Rocks to Optimize Backfilling. *Gornye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2019;4(3):213-219. DOI: [10.17073/2500-0632-2019-3-213-219](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2019-3-213-219) (In Russ.)

3. Golik V. I., Komashchenko V. I. Ferruginous quartzite beneficiation tailings as resources for additional extraction of metals and for use as backfilling mixture component. *Mining Journal*. 2017;(3):43-47. (In Russ.)

4. Golik V. I., Gabaraev O. Z., Maslennikov S. A., Khasheva Z. M., Shulgaty L. P. The provision of development conversion perspectives into underground one for Russian iron ore deposits development. *The Social Sciences (Pakistan)*. 2016;11(18):4348-4351.

5. Golik V. I., Razorenov Yu. I., Karginov K. G. The basis of North Ossetia-Alania sustainable development is its mining industry. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2017;9(2(32)):163-171. (In Russ.)

6. Dmitrak Yu. V., Tsidaev B. S., Dzaparov V. Kh., Kharebov G. Kh. Mineral resource base of nonferrous metallurgy in Russia. *Vektor GeoNauk*. 2019;2(1):9-18. (In Russ.)

7. Dmitrak Yu. V. *Theory of crushing medium motion and increasing performance of equipment for fine crushing of rocks*. Abstract of the Thesis for a Doctor's Degree in Engineering. Moscow; 2000. 44 p. (In Russ.)

8. Chen T., Lei C., Yan B., Xiao X. Metal recovery from the copper sulfide tailing with leaching and fractional precipitation technology. *Hydrometallurgy*. 2014;147-148:178-182.

9. De Oliveira D.M., Sobral L.G.S., Olson G.J., Olson S.B. Acid leaching of a copper ore by sulphur-oxidizing microorganisms. *Hydrometallurgy*. 2014;147-148:223-227.

10. Dmitrak Yu. V., Shishkanov K. A. Development of a probabilistic kinematic model of grinding bodies in grinding chamber of a vibration mill. *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2010;(12):302-308. (In Russ.)

11. Zakharov E. I., Antsiferov S. V., Sammal A. S., Nikulin I. B. Study of the mechanism of natural processes as the basis for solving environmental problems in the course of mineral mining. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2016;(3):24-30. (In Russ.)

12. Sekisov A. G., Shevchenko Y. S., Lavrov A. Y. Prospects for underground leaching in gold mines. *Journal of Mining Science*. 2016;52(1):115-120. DOI: [10.1134/S1062739116010198](https://doi.org/10.1134/S1062739116010198)

13. Gorbatova E. A., Emelianenko E. A. Processing of oxidized copper ores as a factor of development and expansion of mineral resource base of JSC "Mikheevsky GOK". *Current problems of theoretical, experimental, and applied mineralogy*. Syktyvkar: IG Komi Scientific Center of RAS Ural Branch Publ.; 2016. P. 276-277. (In Russ.)

14. Komashchenko V. I., Vasiliev P. V., Maslennikov S. A. Preparation of reliable resource base for underground development of KMA deposits. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2016;2:95-101. (In Russ.)

15. Gavrishev S. E., Kornilov S. N., Pytalev I. A., Pytalev I. A., Gaponova I. V. Increasing economic performance of mining enterprises due to involvement of technogenic georesources in exploitation. *Mining Journal*. 2017;(12):46-51. (In Russ.)

16. Dmitrak Yu. V., Tsidaev B. S., Dzaparov V. Kh., Kharebov G. Kh. Mineral resource base of non-ferrous metallurgy in Russia. *Vektor GeoNauk*. 2019;2(1):9-18. (In Russ.)

17. Ghorbani Y., Franzidis J.-P., Petersen J. Heap Leaching Technology – Current State, Innovations, and Future Directions. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review: A review*. 2016;37(2):73-119.

18. Kachurin N. M., Stas G. V., Korchagina T. V., Zmееv M. V. Geotechnical and aero-gasdynamic consequences of undermining of mining leases of Eastern Donbass collieries. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2017;1:170-182. (In Russ.)

19. Lyashenko V. I., Khomenko O. E., Golik V. I. Friendly and Resource-Saving Methods of Underground Ore Mining in Disturbed Rock Masses. 2020;5(2):104-118. DOI: [10.17073/2500-0632-2020-2-104-118](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2020-2-104-118) (In Russ.)

20. Brigida V. S., Kozhiev K. K., Saryan A. A., Dzhioeva A. K. Time-space problems in geocology. An inter-disciplinary approach: *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2020;4:20-32. DOI: [10.25018/0236-1493-2020-4-0-20-32](https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-4-0-20-32)

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-367-375

Анализ энергетических показателей работы горнопроходческих комплексов угольной шахты

А. Б. Садридинов

ООО «Энергоблок-М», г. Москва, Россия

Аннотация: Рост интенсивности ведения проходческих работ, энерговооруженности труда и затрат топливно-энергетических ресурсов обуславливает необходимость не только повышать энергоэффективность производственных процессов производства, но и снижать неизбежно возникающие потери энергии. Условия ведения горнопроходческих работ определяются сочетанием комплекса взаимно воздействующих факторов (геологических, технологических и организационных), а оценка степени их влияния на энергоэффективность технологических процессов требует глубокого детального исследования. Для критериальной оценки эффективности ведения горнопроходческих работ предлагается использование показателей уровня энергопотребления, эффективности и качества прохождения горной выработки сменными бригадами, позволяющими объективно оценить их работу. Показатели технологического и удельного расхода электроэнергии при ведении проходческих работ изменяются в широком диапазоне, поэтому для обеспечения устойчивой работы сменным бригадам необходимо придерживаться рекомендуемых показателей, определяющих оптимальные темпы проходки и ограничения выхода за допустимые или предельные режимы. Исследованы статистические модели показателей, определяющих энергоэффективность работы горнопроходческих комплексов, на примере угольной шахты «Северная». Предложены показатели уровня энергопотребления, эффективности и качества прохождения горной выработки сменными бригадами. Определены законы распределения для основных показателей, характеризующих энергоэффективность ведения горнопроходческих работ. Разработаны рекомендации по обеспечению устойчивой работы горнопроходческих комплексов в течение всего периода проходки участков. С точки зрения организации ведения горнопроходческих работ необходимо осуществление постоянного контроля параметров и темпов проходки, качества подготовки забоя, своевременного технического обслуживания и ремонта машин и оборудования, управления технологическим процессом путем обеспечения оптимальных режимов работы горнопроходческого комплекса.

Ключевые слова: горнопроходческие работы; электроснабжение, угольная шахта, энергоэффективность, горнопроходческие комплексы; модели

Для цитирования: Садридинов А. Б. Анализ энергетических показателей работы горнопроходческих комплексов угольной шахты. *Горные науки и технологии*. 2020;5(4):367-375. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-367-375

Analysis of energy performance of heading sets of equipment at a coal mine

A. B. Sadridinov

Energoblok-M LLC, Moscow, Russia

Abstract: The growth of volume of tunneling, power supplied per job, and consumption of fuel and energy resources makes it necessary to increase energy performance of production processes with reducing energy losses. Tunneling conditions are determined by a combination of mutually influencing factors (geological, technological and organizational), and assessing their impact on tunneling energy performance requires a deep detailed study. For criterion assessment of tunneling performance, indicators of energy consumption, performance, and quality of tunneling performed by shift crews, allowing to objectively assess their work, were proposed. Indicators of process and specific power consumption in the process of tunneling vary over a wide range, therefore, to ensure smooth equipment operation, shift crews must adhere to the recommended indicators that determine the optimum rates of tunneling and enables adherence to permissible operation modes. Statistical models of energy performance indicators of heading sets of equipment operation were investigated using the example of the Severnaya coal mine. Indicators of energy consumption, energy performance, and tunneling (on shift basis) were proposed. Distribution laws have been determined for the main indicators characterizing tunneling energy performance. Recommendations have been developed to ensure sustainable operation of heading sets of equipment throughout the entire period of tunneling. Tunneling requires permanent monitoring its parameters and rates of advance, the quality of

face preparation, timely maintenance and repair of machinery and equipment, control of the process through ensuring optimal operating modes of the heading sets of equipment.

Keywords: tunneling; power supply, coal mine, energy performance, heading set of equipment; models

For citation: Sadridinov A. B. Analysis of energy performance of heading sets of equipment at a coal mine. *Gornyye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2020;5(4):367-375. (In Russ.) DOI: 10.17073/2500-0632-2020-4-367-375

Введение

Повышение энергоэффективности горных предприятий, осуществляющих добычу полезных ископаемых подземным способом, является актуальной научной и практической задачей, стоящей в области эффективного освоения природных ресурсов и подземного пространства. При осуществлении мероприятий по энергосбережению на горном производстве необходимо обладать информацией о количестве прямых затрат энергии на основные технологические процессы, включая работу вспомогательных установок. Для производственных процессов в области строительства подземных сооружений и шахт такая информация необходима, т.к. в реальности может оказаться, что снижение прямых затрат энергии будет сопровождаться ростом совокупных затрат, и общие затраты энергии превысят первоначальный базовый уровень. Рост интенсивности ведения проходческих работ, энерговооруженности труда и затрат топливно-энергетических ресурсов обуславливает необходимость не только повышать энергоэффективность производственных процессов производства, но и снижать неизбежно возникающие потери энергии [1, 2]. Кроме того, необходимо обратить внимание на то, что анализ энергетических показателей горнопроходческих работ на основе построенных математических моделей открывает путь к разработке специализированного обеспечения для контроля качества ведения горнопроходческих работ, а также выработки организационных мероприятий по улучшению этого качества на основе решения так называемых обратных задач [10–14].

Электропотребление горнопроходческих комплексов является предметом более

ранних исследований, среди которых есть достаточно оригинальные работы [3–8]. Но в большинстве случаев разработка моделей осуществлялась не для целей оценки эффективности горнопроходческих работ, а для определения параметров и режимов работы горнопроходческих комплексов, что тоже очень важно, но это только одно из возможных направлений решаемых задач.

Описание экспериментальной площадки

Экспериментальные исследования, реализуемые в работе, проводились на базе проходческих участков шахты «Северная», г. Воркута, где ведение горнопроходческих работ осуществляется с использованием проходческих комбайнов MB670, JOYR75, 12CM30 и КП-21. Конечно, в каждом случае схемы электроснабжения проходческих участков угольных шахт отражают специфику технологических решений конкретного предприятия, но известны также общие подходы к их проектированию, характеристики, режимы работы, методы выбора оборудования и т.д. [9].

Работы на шахте «Северная» ведутся по породе, по углю, по углю с присечкой. Транспортная схема включает в себя скребковые конвейеры 2СР75 и ленточные конвейеры 3Л-1200. Проходческие работы также ведутся без применения буровзрывных работ, но по грунтам, при осевых усилиях сжатия $\sigma_{сж}$ в пределах от 20 до 70 МПа. Стандартное сечение горной выработки 9 м². Нарезка вентиляционных и откаточных штреков в зависимости от мощности пласта (от 1,5 до 1,9 м) обеспечивает попутную добычу полезного ископаемого. Плановые показатели проходки для различных участков составляют от 2300 до 9500 п.м.

Анализ электропотребления на горно-проходческом участке

Разность по суммарному годовому расходу электроэнергии между сменами ΔW для каждого из участков колеблется от 133 до 5127 кВт·ч ($\Delta W\% = 0,91-4,1$). При этом для участков с большей энерговооруженностью этот показатель выше как в абсолютном, так и в относительном соотношении (между сменами участков).

Одним из критериев оценки уровня энергопотребления при анализе эффективности проходческих работ с точки зрения рационального использования электроэнергии сменными бригадами предлагается использовать показатель

$$k_{W_{см}} = \frac{\bar{W}_{см} - W_{смi}}{\bar{W}_{см}} \cdot 100, \%$$

где $W_{смi}$ – расход электроэнергии за i -ю смену на проходческом участке, кВт·ч; $\bar{W}_{см}$ – среднесменный расход электроэнергии по совокупному потреблению всеми сменами проходческого участка, кВт·ч.

Разность по годовой суммарной массе извлекаемой из горной выработки породы между сменами ΔQ_T для каждого из участков колеблется от 87 до 2301 т ($\Delta Q_T\% = 1,1-4,41$). При этом абсолютные и относительные показатели по годовой суммарной массе извлекаемой породы как для участков, так и между сменами внутри участков, практически не зависят от их энерговооруженности.

Этот факт свидетельствует о том, что при прохождении горных выработок постоянного сечения объем и масса извлекаемой породы зависят от ее характеристик, а также технических характеристик проходческих комплексов и режима их работы.

При оценке эффективности проходческих работ с точки зрения рационального использования электроэнергии сменными бригадами и качества прохождения горных выработок предлагается использовать коэффициент

$$k_{Q_T} = \frac{\bar{Q}_T - Q_{Ti}}{\bar{Q}_T} \cdot 100, \%$$

где Q_{Ti} – производительность i -й смены проходческого участка по горной массе, т; \bar{Q}_T – среднесменный объем извлекаемой горной массы на проходческом участке, т.

Разность по годовым показателям по протяженности проходки горной выработки между сменами $\Delta Q_{пм}$ для каждого из участков колеблется от 13,9 до 84,2 п.м ($\Delta Q_{пм}\% = 1,35-7,07$). При этом абсолютные и относительные показатели проходки для участков и между сменами внутри участков практически не зависят от их энерговооруженности.

При пересчете итоговых показателей $\Delta Q_{пм}$ по отношению к величине среднесменной проходки $\bar{Q}_{пм}$ для каждого участка разница в затраченном времени между сменными бригадами составляет от 4 до 35 смен (24–210 ч в год).

Этот факт свидетельствует о том, что при прохождении горных выработок показатель проходки $Q_{пм}$ зависит не только от горно-геологических и технологических факторов, но и правильной (рациональной) организации работы бригады в течение смены.

При оценке эффективности проходческих работ с точки зрения рационального использования электроэнергии сменными бригадами предлагается использовать в качестве критерия оценки эффективности прохождения горных выработок показатель

$$k_{Q_{пм}} = \frac{\bar{Q}_{пм} - Q_{пмi}}{\bar{Q}_{пм}} \cdot 100, \%$$

где $\bar{Q}_{пмi}$ – средняя производительность i -й смены проходческого участка по погонным метрам горной выработки, п.м; $\bar{Q}_{пм}$ – среднесменное значение протяженности пройденной горной выработки на проходческом участке, п.м.

Статистические модели показателей энергоэффективности проходческих участков

В работе была поставлена задача на основании статистических данных технологического расхода электроэнергии и объема выполненных проходческих работ установить законы распределения для показателей, характеризующих энергоэффективность проходческих участков.

В соответствии с известной методикой аналитических исследований выполнен анализ производительности и режимов потребления электрической энергии на проходческих участках шахты «Северная» [1, 2].

Среднесменные показатели производительности участков по объему извлекаемой горной массы Q_1 (т), пройденным погонным метрам горной выработки Q_2 (пм), а также по сменному потреблению электрической энергии W (кВт·ч) и ее удельному расходу ω_1 (кВт·ч/т) и ω_2 (кВт·ч/пм) приведены в табл. 2.

Диапазон изменения показателей по удельному расходу электроэнергии относительно горной массы на участках составляет $\omega_1 = 2,4\text{--}2,57$ кВт·ч/т ($\Delta\epsilon = 6,6\%$), относительно проходки $\omega_2 = 51,9\text{--}65,8$ кВт·ч/пм ($\Delta\epsilon = 21\%$). Такой разброс значений можно объяснить тем, что непосредственное извлечение горной массы в рамках технологического процесса обусловлено её объемом, плотностью породы, степенью разрыхления и полноты загрузки ковша или стола питания погрузочной машины. При этом удельный расход электроэнергии на проходку одного погонного метра выработки в значительной степени зависит от крепости проходимых горных пород f , их сопротивляемости усилию резания $q_{сж}$ исполнительного органа проходческого комбайна или осевого усилия подачи буровой установки $P_{ос}$.

Диапазон изменения средних показателей между сменами в пределах участков не превышает 2 %, что свидетельствует о достаточно устойчивой работе в течение года.

На следующем этапе ставилась задача установления законов распределения, которым подчиняются среднесменные показатели работы проходческих участков с целью определения их устойчивых уровней и диапазона допустимых отклонений. Это позволяет обосновать нормативные (плановые) показатели для проходческих участков и оценить потенциал повышения эффективности производства проходческих работ. Для установления законов распределения анализируемых величин в зависимости от частотного распределения определяются абсолютные и относительные показатели вариационных рядов.

На основании свойства мажорантности средних величин (когда сумма положительных отклонений от среднего равна сумме отрицательных отклонений) распределение вероятности $P(\omega)$ близко к нормальному закону при условии $\sigma > 1,25\bar{d}$.

В случае если коэффициент вариации v меньше 33%, то совокупность $[\omega]$ является однородной (для распределений, близких к нормальному закону).

Результатом анализа статистических показателей энерготехнологических параметров проходческих участков является следующее:

1. Для представленных показателей характерен достаточно большой размах вариации относительно средней величины. Характеризующий его коэффициент осцилляции изменяется в диапазоне $k_R = 30\text{--}170\%$. Наибольший размах вариации относительно среднего значения приходится на показатели удельного расхода электроэнергии ω_1 (кВт·ч/т), ω_2 (кВт·ч/пм) и производительности Q_2 (пм).

Таблица 2

Среднесменные показатели для проходческих участков (по итогам года)
 Average shift performance indicators for drifting areas (at year-end)

Показатель	Размерность	Проходческие участки					
		№ 1	№ 5	№ 6	№ 8	№ 9	№ 10
Q_1	т	45,94	76,24	19,57	87,31	173,28	45,02
Q_2	пм	1,99	3,45	2,02	3,53	8,47	2,03
W	кВт·ч	109,6	182,1	49,35	207,6	415,4	107,6
ω_1	кВт·ч/т	2,41	2,47	2,57	2,49	2,5	2,47
ω_2	кВт·ч/пм	59,95	56,5	26,8	62,6	51,92	57,87

1. Средние и медианные значения показателей производительности практически совпадают: относительная погрешность $\Delta\varepsilon = +0,01\%$, для технологического расхода электроэнергии – $\Delta\varepsilon = +2,6\%$. Однако для удельного расхода электроэнергии относительная погрешность $\Delta\varepsilon = -9\%$. Последнее свидетельствует о необходимости установления причин такого несоответствия.

2. Коэффициенты асимметрии, эксцесса и вариации указывают на соответствие показателей производительности и технологического расхода электроэнергии нормальному закону распределения.

3. Для показателей удельного расхода электроэнергии характерна положительная асимметрия и малый эксцесс, что, с учетом однородности выборки, характерно для логнормального закона или гамма-распределения.

Установление законов распределения среднесменных показателей выполнялось для

четырёх проходческих участков в соответствии с [3, 4]. Гистограммы и функции плотности распределения на примере проходческого участка № 1 шахты «Северная» представлены на рис. 1–3.

Статистический анализ показал, что изменение технологического расхода электроэнергии W подчиняется равномерному закону распределения, удельный расход электроэнергии на тонну извлекаемой горной породы ω_1 – гамма-распределению, удельный расход электроэнергии на один погонный метр горной выработки ω_2 – логнормальному закону.

В результате проверки достоверности по критериям согласия Пирсона χ^2 , Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Вилка было установлено, что характер изменения случайных величин исследуемых параметров соответствуют принятым гипотезам о законах распределения [15–18].

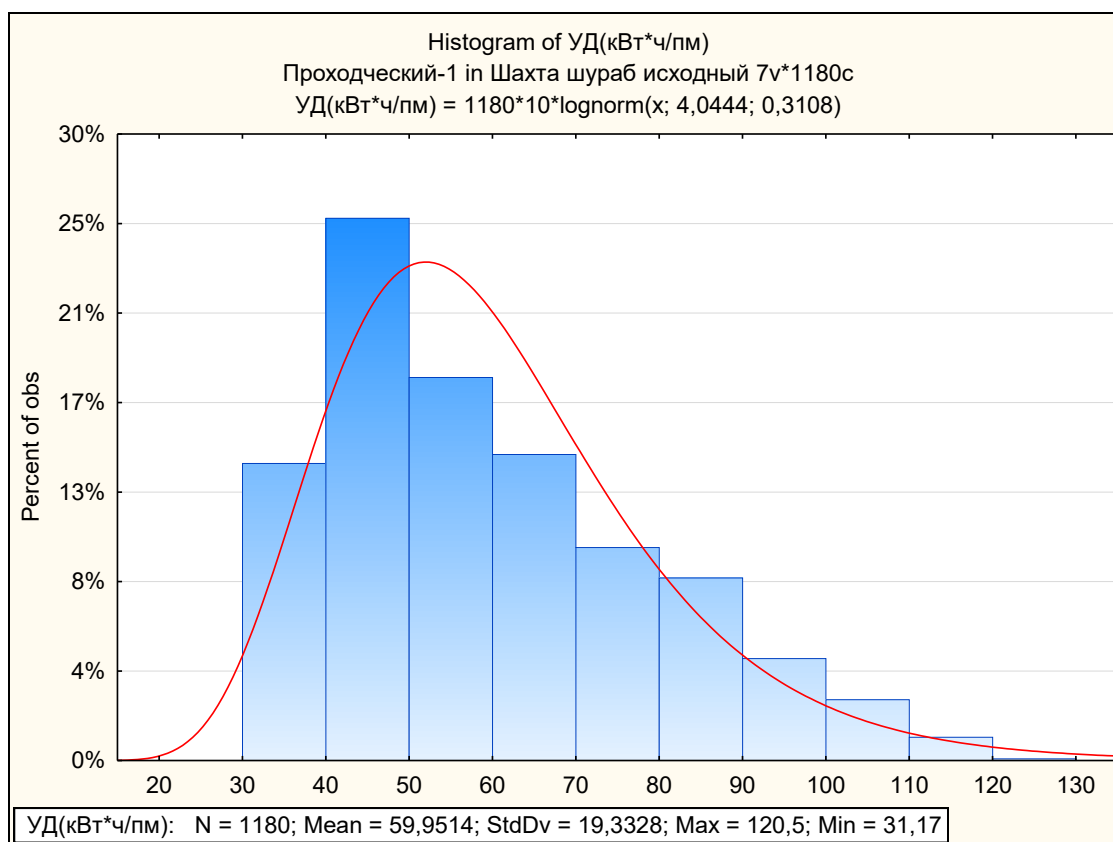
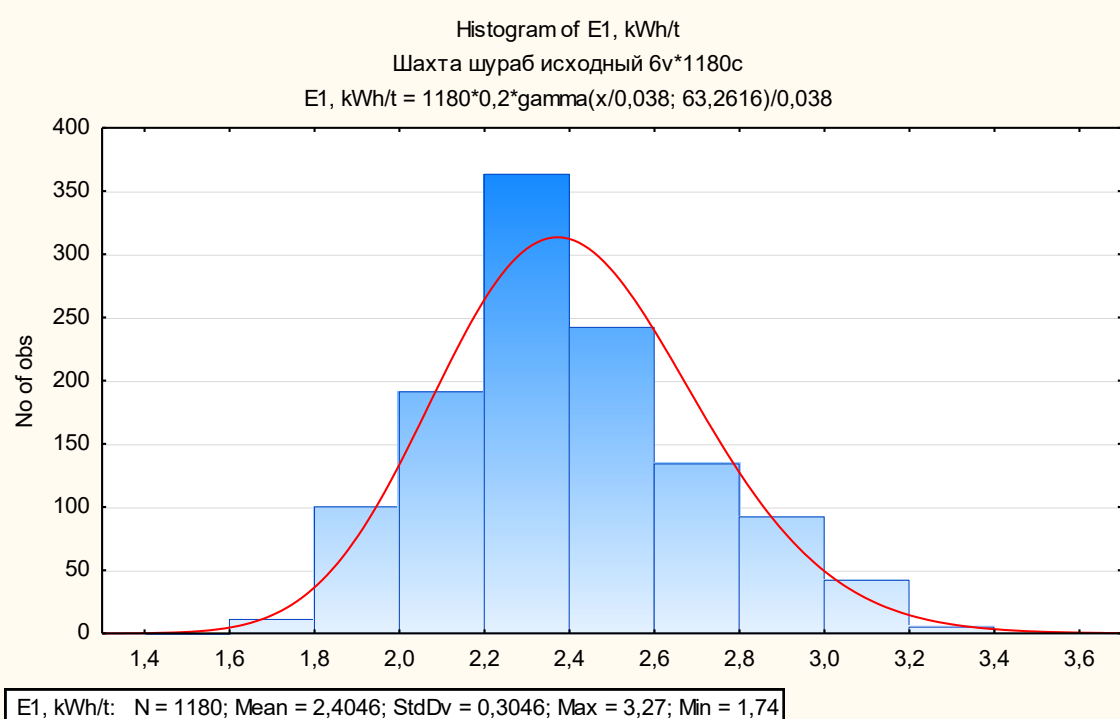
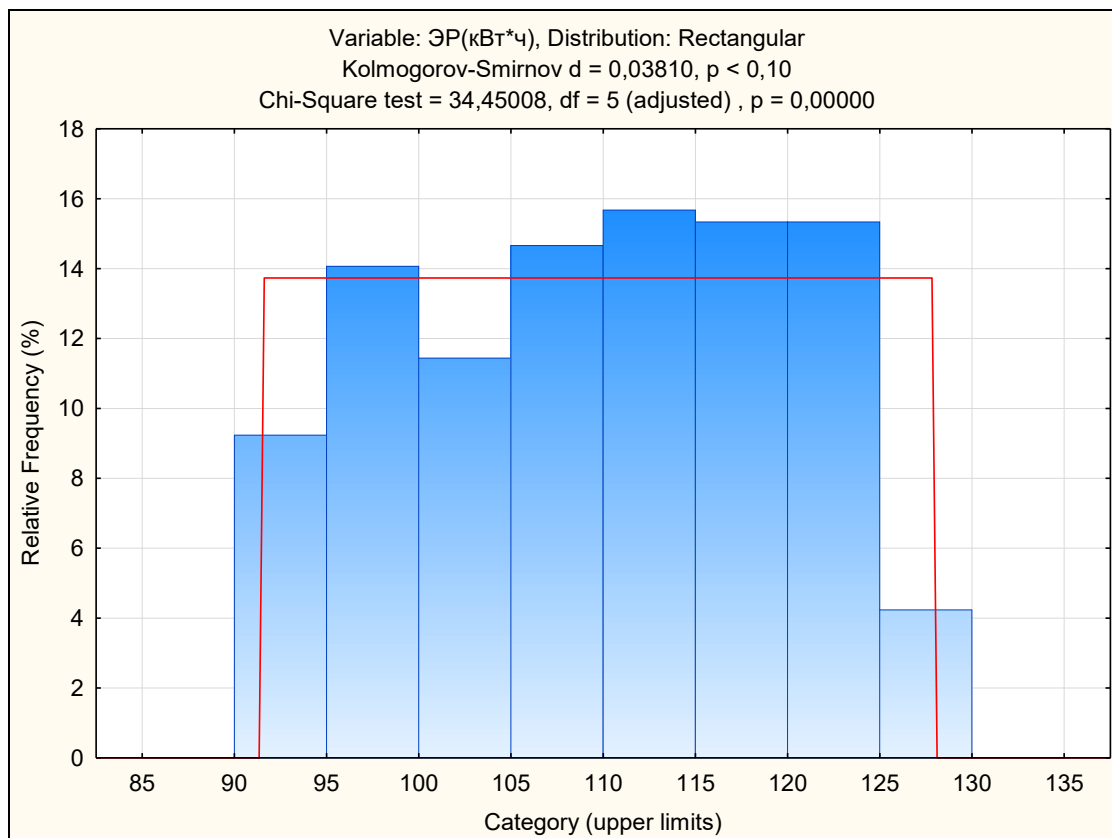


Рис. 1. Гистограмма функции плотности распределения $f^*(\omega_2)$

Fig. 1. Density function histogram $f^*(\omega_2)$

Рис. 2. Гистограмма функции плотности распределения $f^*(\omega_1)$ Fig. 2. Density function histogram $f^*(\omega_1)$ Рис. 3. Гистограмма функции плотности распределения $f^*(W)$ Fig. 3. Density function histogram $f^*(W)$

Для распределения частот $f(W)$ характерна симметрия относительно \bar{W} , т.е. его среднее значение M практически совпадает с медианным M_e . С учетом среднеквадратического отклонения устойчивый уровень электропотребления проходческого участка определится в диапазоне $\bar{W} \pm \sigma_W$.

Для распределения частот $f(\omega_2)$ характерна незначительная асимметрия относительно $\bar{\omega}_2$, т.е. его среднее значение M практически совпадает с медианным M_e .

С учетом среднеквадратического отклонения устойчивый уровень электропотребления проходческого участка определится в диапазоне $\bar{\omega}_2 \pm \sigma_{\omega_2}$.

Таким образом, статистические модели показателей энергоэффективности проходческих участков можно считать сформированными.

Выводы:

1. Условия ведения горнопроходческих работ определяются сочетанием комплекса взаимно воздействующих факторов (геологических, технологических и организационных), а оценка степени их влияния на энергоэффективность технологических процессов требует глубокого детального исследования.

2. В качестве критериев оценки эффективности ведения горнопроходческих работ

предлагается использование показателей уровня энергопотребления, эффективности и качества прохождения горной выработки сменными бригадами, позволяющими объективно оценить их работу.

3. Показатели технологического и удельного расхода электроэнергии при ведении проходческих работ изменяются в широком диапазоне, поэтому для обеспечения устойчивой работы сменным бригадам необходимо придерживаться рекомендуемых показателей, определяющих оптимальные темпы проходки, и ограничений выхода за допустимые или предельные режимы.

4. При планировании показателей энергоэффективности необходимо учитывать горно-геологические условия, технические характеристики проходческих комплексов и режимы их работы.

С точки зрения организации ведения горнопроходческих работ необходимо осуществление постоянного контроля параметров и темпов проходки, качества подготовки забоя, своевременного технического обслуживания и ремонта машин и оборудования, управления технологическим процессом путем обеспечения оптимальных режимов работы горнопроходческого комплекса.

Библиографический список

1. Пичуев А. В., Садридинов А. Б. Методы оценки энергоэффективности проходческих работ в условиях городского подземного строительства. Сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. «Совершенствование технологий строительства шахт и сооружений». Донецк, Украина. 2012;18:25-27.

2. Пичуев А. В., Садридинов А. Б. Энергетические характеристики проходческих комбайнов с исполнительными органами избирательного действия. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2013;(9):348-350.

3. Liu X., Zhang Y., Zhang K. Optimization control of energy consumption in tunneling system of earth pressure balance shield tunneling machine. *Engineering Letters*. 2020;28(2):551-558.

4. Liu X., Zhao Z. Coordinated optimization control of shield tunneling machine based on predictive function control. *Engineering Letters*. 2020;28(3):281-287.

5. Liu X., Shao C. Present status and prospect of shield machine automatic control technology. *Jixie Gongcheng Xuebao. Journal of Mechanical Engineering*. 2010;46(20):152-160. DOI: [10.3901/JME.2010.20.152](https://doi.org/10.3901/JME.2010.20.152)

6. Zhang Q., Qu C., Kang Y., Huang G., Cai Z., Zhao Y., Zhao H., Su P. Identification and optimization of energy consumption by shield tunnel machines using a combined mechanical and regression analysis *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2012;28(1):350-354. DOI: [10.1016/j.tust.2011.12.003](https://doi.org/10.1016/j.tust.2011.12.003)

7. Yang X., Gong G.-F., Yang H.-Y., Jia L.-H., Ying Q.-W. A cutterhead energy-saving technique for shield tunneling machines based on load characteristic prediction. *Journal of Zhejiang University: Science A*. 2015;16(5):418-426. DOI: [10.1631/jzus.A1400323](https://doi.org/10.1631/jzus.A1400323)

8. Lyakhomskiy A., Perfilieva E., Petrochenkov A., Bochkarev S. Conceptual design and engineering strategies to increase energy efficiency at enterprises research, technologies and personnel. In: *Forum Strategic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches (Science. Education. Innovation 2015 4th)*. 2015. P. 44-47.
9. Дзюбан В. С., Ширин И. Г., Ванеев Б. Н., Гостищев В. М. Справочник энергетика угольной шахты. Под общей ред. Б. Н. Ванеева. Донецк: «ООО Юго-Восток ЛТД.»; 2001.
10. Lyakhomskiy A., Perfilieva E., Kychkin A., Genrikh N. A software-hardware system of remote monitoring and analysis of the energy data. *Russian Electrical Engineering*. 2015;86(6):314-319.
11. Zhang T., Neil Taylor R., Zheng G., Sun J., Fan Q., Diao Y., Zhou H. Modelling ground movements near a pressurised tunnel heading in drained granular soil. *Computers and Geotechnics*. 2018;104:152-166. DOI: [10.1016/j.compgeo.2018.08.015](https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2018.08.015)
12. Gabov V. V., Zadkov D. A. Energy-saving modular units for selective coal cutting. *Eurasian Mining*, 2016;(1):37-40. DOI: [10.17580/em.2016.01.06](https://doi.org/10.17580/em.2016.01.06)
13. Fashilenko V., Reshetnyak S. Improving the energy performance of industrial enterprises. In: *Miner's week – 2015. Reports of the XXIII international scientific*. 2015. P. 570-573.
14. Dias D., Kastner R. Movements caused by the excavation of tunnels using face pressurized shields - Analysis of monitoring and numerical modeling results. *Engineering Geology*. 2013;152(1):17-25. DOI: [10.1016/j.enggeo.2012.10.002](https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2012.10.002)
15. Lu S. Coal mining industrial robots the institutions of the modeling and simulation. *Advanced Materials Research*. 2012;482-484:1490-1494. DOI: [10.4028/www.scientific.net/AMR.482-484.1490](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.482-484.1490)
16. Ръжов П. А. *Математическая статистика в горном деле: Учеб. пособие для вузов по специальности «Маркшейдерское дело»*. М.: Высш. шк.; 1973. 287 с.
17. Мацкевич И. П., Свирид Г. П. *Высшая математика. Теория вероятностей и математическая статистика*. Минск: Высшая школа; 1993.
18. Бегляков В. Ю., Аксенов В. В., Костинец И. К., Хорешок А. А. Определение сил взаимодействия основных систем геолога с геосредой и между собой. *Горные науки и технологии*. 2017;(4):23-30 2017;(4):23-30. DOI: [10.17073/2500-0632-2017-4-23-28](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2017-4-23-28)

References

1. Pichuev A. V., Sadridinov A. B. Methods for assessing energy performance of tunneling in urban underground construction. In: Proc. of international scientific and technical conf. "*Improving techniques of construction of mines and structures*." Donetsk, Ukraine. 2012;18:25-27. (In Russ.)
2. Pichuev A. V., Sadridinov A. B. Energy characteristics of selective tunneling machines. *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2013;(9):348-350. (In Russ.)
3. Liu X., Zhang Y., Zhang K. Optimization control of energy consumption in tunneling system of earth pressure balance shield tunneling machine. *Engineering Letters*. 2020;28(2):551-558.
4. Liu X., Zhao Z. Coordinated optimization control of shield tunneling machine based on predictive function control. *Engineering Letters*. 2020;28(3):281-287.
5. Liu X., Shao C. Present status and prospect of shield machine automatic control technology. *Jixie Gongcheng Xuebao. Journal of Mechanical Engineering*. 2010;46(20):152-160. DOI: [10.3901/JME.2010.20.152](https://doi.org/10.3901/JME.2010.20.152)
6. Zhang Q., Qu C., Kang Y., Huang G., Cai Z., Zhao Y., Zhao H., Su P. Identification and optimization of energy consumption by shield tunnel machines using a combined mechanical and regression analysis *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2012;28(1):350-354. DOI: [10.1016/j.tust.2011.12.003](https://doi.org/10.1016/j.tust.2011.12.003)
7. Yang X., Gong G.-F., Yang H.-Y., Jia L.-H., Ying Q.-W. A cutterhead energy-saving technique for shield tunneling machines based on load characteristic prediction. *Journal of Zhejiang University: Science A*. 2015;16(5):418-426. DOI: [10.1631/jzus.A1400323](https://doi.org/10.1631/jzus.A1400323)
8. Lyakhomskiy A., Perfilieva E., Petrochenkov A., Bochkarev S. Conceptual design and engineering strategies to increase energy efficiency at enterprises research, technologies and personnel. In: *Forum Strategic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches (Science. Education. Innovation 2015 4th)*. 2015. P. 44-47.
9. Dzyuban V. S., Shirin I. G., Vaneev B. N., Gostishchev V. M. Coal Mine Power Engineer Handbook. Ed. B. N. Vaneev Donetsk: Yugo-Vostok LTD Publ.; 2001. (In Russ.)
10. Lyakhomskiy A., Perfilieva E., Kychkin A., Genrikh N. A software-hardware system of remote monitoring and analysis of the energy data. *Russian Electrical Engineering*. 2015;86(6):314-319.
11. Zhang T., Neil Taylor R., Zheng G., Sun J., Fan Q., Diao Y., Zhou H. Modelling ground movements near a pressurised tunnel heading in drained granular soil. *Computers and Geotechnics*. 2018;104:152-166. DOI: [10.1016/j.compgeo.2018.08.015](https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2018.08.015)
12. Gabov V. V., Zadkov D. A. Energy-saving modular units for selective coal cutting. *Eurasian Mining*, 2016;(1):37-40. DOI: [10.17580/em.2016.01.06](https://doi.org/10.17580/em.2016.01.06)

13. Fashilenko V., Reshetnyak S. Improving the energy performance of industrial enterprises. In: *Miner's week – 2015. Reports of the XXIII international scientific.* 2015. P. 570-573.
14. Dias D., Kastner R. Movements caused by the excavation of tunnels using face pressurized shields - Analysis of monitoring and numerical modeling results. *Engineering Geology.* 2013;152(1):17-25. DOI: [10.1016/j.enggeo.2012.10.002](https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2012.10.002)
15. Lu S. Coal mining industrial robots the institutions of the modeling and simulation. *Advanced Materials Research.* 2012;482-484:1490-1494. DOI: [10.4028/www.scientific.net/AMR.482-484.1490](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.482-484.1490)
16. Ryzhov P. A. *Mathematical statistics in mining*: Manual for graduate students with specialization in Mine Surveying. Moscow: Vysshaya Shkola Publ.; 1973. 287 p. (In Russ.)
17. Matskevich I. P., Svirid G. P. Higher mathematics. Probability theory and mathematical statistics. Minsk: Vysshaya Shkola Publ.; 1993. (In Russ.)
18. Beglyakov V. Y., Aksenov V. V., Kostinets I. K., Khoreshok A. A. Determining the forces of geokhod main systems interaction with geoenvironment and each other. 2017;(4):23-30 2017;(4):23-30. DOI: [10.17073/2500-0632-2017-4-23-28](https://doi.org/10.17073/2500-0632-2017-4-23-28) (In Russ.)