

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

**ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ** НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ **ЖУРНАЛ**

# УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

[WWW.UGOLINFO.RU](http://WWW.UGOLINFO.RU)

## 4-2025

**ФУТЕРОВКА PTS: ШАГ К ПОВЫШЕНИЮ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ УГОЛЬНЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ**

**PTS**  
RUSSIA

# ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



РЕКЛАМА



LUKOIL  
AVANTGARDE  
ULTRA M3  
15W-40

Двигатель



ЛУКОЙЛ  
ТЕРМОФЛЕКС  
EP 2-180

Подшипники ступиц  
передних колес



ЛУКОЙЛ  
СТИЛО SYNTH  
680

Редуктор  
мотор-колеса



ЛУКОЙЛ  
КАРБОФЛЕКС  
OG HD

Открытые зубчатые  
передачи /  
поворотный круг



ЛУКОЙЛ  
СИНТОФЛЕКС  
АРКТИК  
1-100 HD

Централизованная  
система смазки



ЛУКОЙЛ  
ГЕЙЗЕР ЛТ ЦФ  
ЛУКОЙЛ  
ГЕЙЗЕР ММ

Гидравлическая  
система

ООО «ЛЛК-Интернешнл»  
Москва, Садовническая ул. 75  
masla-sales@lukoil.com

 **ЛУКОЙЛ**  
СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ****АРТЕМЬЕВ В.Б.,**

доктор техн. наук

**ГАЛКИН В.А.,**

доктор техн. наук, профессор

**ЗАЙДЕНВАРГ В.Е.,**

доктор техн. наук, профессор

**ЗАХАРОВ В.Н.,** чл.-корр. РАН,

доктор техн. наук, профессор

**КОВАЛЬЧУК А.Б.,**

доктор техн. наук, профессор

**КОЛИКОВ К.С.,**

доктор техн. наук

**ЛИТВИНЕНКО В.С.,**

доктор техн. наук, профессор

**МОХНАЧУК И.И.,** канд. экон. наук**ПЕТРОВ И.В.,**

доктор экон. наук, профессор

**ПОПОВ В.Н.,**

доктор экон. наук, профессор

**ПОТАПОВ В.П.,**

доктор техн. наук, профессор

**РОЖКОВ А.А.,**

доктор экон. наук, профессор

**РЫБАК Л.В.,**

доктор экон. наук, профессор

**СКРЫЛЬ А.И.,** горный инженер**СУСЛОВ В.И.,** чл.-корр. РАН,

доктор экон. наук, профессор

**ЩАДОВ В.М.,**

доктор техн. наук, профессор

**ЯКОВЛЕВ Д.В.,**

доктор техн. наук, профессор

**Иностранные члены редколлегии**Проф. **Гюнтер АПЕЛЬ,**

доктор техн. наук, Германия

Проф. **Карстен ДРЕБЕНШТЕДТ,**

доктор техн. наук, Германия

Проф. **Юзеф ДУБИНСКИ,**

доктор техн. наук, чл.-корр. Польской академии наук, Польша

**Сергей НИКИШИЧЕВ,**

комп. лицо FIMMM,

канд. экон. наук, Великобритания,

Россия, страны СНГ

Проф. **Любен ТОТЕВ,**

доктор наук, Болгария

**ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

Основан в октябре 1925 года

**УЧРЕДИТЕЛИ**

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

**АПРЕЛЬ****4-2025** /1192/**УГОЛЬ****ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА****Самосвалы БЕЛАЗ**

на сжиженном природном газе \_\_\_\_\_ 6

**Дайджест новостей о ситуации**

в угольном бизнесе \_\_\_\_\_ 8

**Хроника. События. Факты. Новости** \_\_\_\_\_ 12**СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ**

Глинина О.И.

**К 100-летию журнала УГОЛЬ** \_\_\_\_\_ 14**ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ**

Лохов Д.С.

**Инновационная футеровка PTS**

(Poly-tapp Slime) как шаг

к повышению эффективности

угольных предприятий \_\_\_\_\_ 17

**ЭКОНОМИКА**

Пучков А.Л.

**Проявление закона Л.А. Пучкова**

о минерально-энергетическом

потреблении на «Дорожной карте»

развития человечества \_\_\_\_\_ 19

Матерова Е.С., Аксенова Ж.А., Пастернак С.Н.,

Жиронкин С.А., Байкова Э.Р., Шарафуллина Р.Р.

**Влияние показателей угольной**

промышленности на экономический рост

российской экономики \_\_\_\_\_ 24

Плоцкая О.А., Атабеков К.К., Воротилина Т.В.,

Дьяченко О.В., Шишкарева Т.Н.,

Мирончуковская В.В., Панков В.В.

**Экономико-правовые аспекты**

промышленного освоения

природно-ресурсного потенциала

арктических и приарктических

территорий Республики Коми \_\_\_\_\_ 31

Романова А.А., Катков Ю.Н., Забайкин Ю.В.,

Лютягин Д.В., Луныкин Д.А.

**Методология учетно-аналитической**

системы угольных организаций

с учетом влияния фрагментарности

экономики на их деятельность \_\_\_\_\_ 37

**ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ**

Филимонов М.С., Аушев Е.В., Карасев В.А.

**Особенности работы анкерной крепи в**

зависимости от податливости

и предварительного натяжения \_\_\_\_\_ 47

Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Бубнов К.А., Царев Д.В.

**Применение сбоечно-проходческого**

агрегата для безопасного проведения

межштрековых сбоек \_\_\_\_\_ 53

**ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ**

Кадиров В.Р., Каримов Ш.В., Каршибоев З.Ж.,

Туйчибоев Э.И., Малюшенко Д.С.

**Исследование влияния**

выемочно-погрузочного оборудования

и рабочей площадки

на устойчивость уступов \_\_\_\_\_ 59

Кирюшина Е.В., Зеньков И.В., Конде А.С.,

Юронен Ю.П., Миронова Ж.В., Латынцев А.А.,

Раевич К.В., Штрелслер К.А., Редькин Д.В.

**Исследование режима горных работ**

при открытой разработке двухпластовых

мульдообразных угольных месторождений

в Красноярском крае \_\_\_\_\_ 66

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ**

Симонин П.В., Анохин С.А., Надточий Ю.Б.,

Кузьмина А.А., Костромина Е.А., Капустина Н.В.,

Семчишина О.Т., Мухаррамова Э.Р.

**Концептуальная модель цифровой**

экосистемы Индустрии 5.0: проблемы

интеграции машинного и человеческого

интеллекта \_\_\_\_\_ 71

Лыщикова Ю.В., Добродомова Т.Н.

**Моделирование устойчивого развития**

угледобывающих регионов России

в условиях цифровизации \_\_\_\_\_ 76

Лиманова Н.И., Иваев М.И.,

Варлухин В.В., Корнеева Т.А.

**О преимуществах практического**

применения систем бизнес-аналитики

в угольной логистике \_\_\_\_\_ 82

**МАШИНОСТРОЕНИЕ**

Шахраманьян М.А.

**Универсальный роботизированный**

горноспасательный комплекс: сценарии

применения в угольных шахтах \_\_\_\_\_ 86

**БЕЗОПАСНОСТЬ**

Портола В.А., Храпцов В.И., Киренберг Е.А.

**Оценка эффективности применения**

способа увлажнения для предупреждения

самовозгорания угля \_\_\_\_\_ 89

## ООО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

119049, г. Москва,  
Ленинский проспект, д. 2А, офис 819  
Тел.: +7 (499) 237-22-23  
E-mail: ugol1925@mail.ru  
E-mail: ugol@ugolinfo.ru

### Генеральный директор

Ольга ГЛИНИНА

### Научный редактор

Ирина КОЛОБОВА

### Менеджер

Ирина ТАРАЗАНОВА

### Специалист по связям

с общественностью

### Фел ПИНЧУК

### Технический редактор

Наталья БРАНДЕЛИС

### ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН

Федеральной службой по надзору  
в сфере связи и массовых коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации  
средства массовой информации  
ПИ № ФС77-34734 от 25.12.2008

### ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН

в Перечень ВАК Минобрнауки и науки РФ  
(в международные реферативные базы  
данных и системы цитирования) –  
по техническим и экономическим наукам

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1,151

(без самоцитирования – 0,79)

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,71

(без самоцитирования – 0,501)

### ЖУРНАЛ ПРЕДСТАВЛЕН

в Интернете на веб-сайте

[www.ugolinfo.ru](http://www.ugolinfo.ru)

[www.ugol.info](http://www.ugol.info)

и на отраслевом портале

«РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ»

[www.rosugol.ru](http://www.rosugol.ru)

### НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

Научный редактор И.М. КОЛОБОВА

Корректор В.В. ЛАСТОВ

Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС

Подписано в печать 03.04.2025.

Формат 60x90 1/8.

Бумага мелованная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 16,5 + обложка.

Тираж 3300 экз. Тираж эл. версии 1600 экз.

Общий тираж 4900 экз.

### Отпечатано:

ООО «РОЛИКС ПРИНТ»

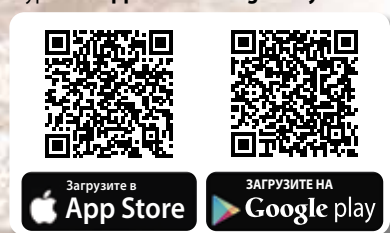
117105, г. Москва, пр-д Нагорный, д.7, стр.5

Тел.: (495) 661-46-22;

[www.roliksprint.ru](http://www.roliksprint.ru)

Заказ № 000156576

Журнал в **App Store** и **Google Play**



## ДЕГАЗАЦИЯ

Камаров Р.К., Шукаев А.Г.

**Физико-химические воздействия на серосодержащие газы при отработке сероводородных зон угольных пластов** \_ 95

## ЭКОЛОГИЯ

Пачкин С.Г., Иванов П.П., Иванова Л.А.,

Семенов А.Г., Михайлова Е.С.

**Модульный подход к управлению системой очистки карьерных сточных вод** \_\_\_\_\_ 102

Уфимцев В.И., Соколов Д.А., Легощина О.М.

**Депонирование углерода в надземной фитомассе древостоев на отвалах Горловского антрацитового месторождения** \_\_\_\_\_ 108

Литвинов И.А., Харитонов Е.Н., Харитонов Н.А.,

Абрамова Р.С., Кудряшов А.Л.

**Интеллектуальные системы учета угольного пылеобразования и выбросов при добыче угля с экономической эффективностью и экологическим контролем** \_\_\_\_\_ 114

## ЗАКОН И ПРАВО

Коваленко Н.Е., Бахтеева Е.И.,

Сошникова И.В., Довгань К.Е.

**Юридический анализ актов стратегического планирования угольной промышленности России и Германии** \_\_\_\_\_ 125

## ЗА РУБЕЖОМ

Вокин В.Н., Зеньков И.В., Чинь Ле Хунг,

Агалакова А.В., Кардашова Е.В., Латынцев А.А.,

Раевич К.В., Миронова Ж.В., Штреслер К.А.,

Красноченко Н.И.

**Исследование динамики горных работ в карьерах по добыче угля в Республике Чехия на основе данных космического мониторинга** \_\_\_\_\_ 129

## НЕКРОЛОГ

**КРОЛЬ Евгений Тимофеевич**

(11.10.1937 – 28.03.2025) \_\_\_\_\_ 3-я обл.

## Список реклам

TAPP Group	1-я обл.	РЭН	5
ООО «ЛЛК-Интернейшнл»	2-я обл.	НПП Завод «МДУ»	85
ООО «В-24»	4-я обл.		

\* \* \*

### Журнал «Уголь» представлен в eLIBRARY.RU

Входит в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1,15 (без самоцитирования – 0,79).

### Журнал «Уголь» индексируется

в международной реферативной базе данных и систем цитирования SCOPUS (рейтинг журнала Q2)

### Журнал «Уголь» является партнером CROSSREF

Редакция журнала «Уголь» является членом Международной ассоциации по связям издателей / Publishers International Linking Association, Inc. (PILA). Всем научным статьям журнала присваиваются Digital Object Identifier (DOI).

### Журнал «Уголь» является партнером EBSCO

Редакция журнала «Уголь» имеет соглашение с компанией EBSCO Publishing, Inc. (США). Все публикации журнала «Уголь» с 2016 г. входят в базу данных компании EBSCO Publishing ([www.ebsco.com](http://www.ebsco.com)), предоставляющей свою базу данных для академических библиотек по всему миру.

### Журнал «Уголь» представлен в «КиберЛенинке»

Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» (CYBERLENINKA) входит в топ-10 мировых электронных хранилищ научных публикаций и построена на парадигме открытой науки (Open Science), основной задачей которой является популяризация науки и научной деятельности. Это третья в мире электронная библиотека по степени видимости материалов в Google Scholar.

### Журнал «Уголь» представлен в CNKI Scholar

Платформа CNKI Scholar (<http://scholar.cnki.net>) – ведущий китайский агрегатор и поставщик академической информации. CNKI имеет наибольшее количество пользователей на рынке академических и профессиональных услуг Китая из более чем 20 тыс. учреждений, университетов, исследовательских институтов, правительств, корпораций, предоставляя им полнотекстовые базы данных CNKI онлайн.

- За достоверность рекламной информации ответственность несет рекламодатель.
- За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор.
- Мнение редакции может не совпадать с позицией авторов статей, опубликованных в журнале.
- За сроки размещения метаданных опубликованных статей в базе данных Scopus редакция ответственности не несет.



**Members of the editorial council:**

**ARTEMIEV V.B.**, Dr. (Engineering),  
Moscow, 115054, Russian Federation  
**GALKIN V.A.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Chelyabinsk, 454048, Russian Federation  
**ZAIDENVARG V.E.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Moscow, 119019, Russian Federation  
**ZAKHAROV V.N.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Corresp. Member of the RAS,  
Moscow, 111020, Russian Federation  
**KOVALCHUK A.B.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Moscow, 119019, Russian Federation  
**KOLIKOV K.S.**, Dr. (Engineering),  
Moscow, 119019, Russian Federation  
**LITVINENKO V.S.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Saint Petersburg, 199106, Russian Federation  
**MOKHNACHUK I.I.**, Ph.D. (Economic),  
Moscow, 109004, Russian Federation  
**PETROV I.V.**, Dr. (Economic), Prof.,  
Moscow, 119071, Russian Federation  
**POPOV V.N.**, Dr. (Economic), Prof.,  
Moscow, 119071, Russian Federation  
**POTAPOV V.P.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Kemerovo, 650025, Russian Federation  
**ROZHKOV A.A.**, Dr. (Economic), Prof.,  
Moscow, 119071, Russian Federation  
**RYBAK L.V.**, Dr. (Economic), Prof.,  
Moscow, 119034, Russian Federation  
**SKRYL' A.I.**, Mining Engineer,  
Moscow, 119049, Russian Federation  
**SUSLOV V.I.**, Dr. (Economic), Prof.,  
Corresp. Member of the RAS,  
Novosibirsk, 630090, Russian Federation  
**SHCHADOV V.M.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Moscow, 119034, Russian Federation  
**YAKOVLEV D.V.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

**Foreign members of the editorial council:**

Prof. **Guenther APEL**, Dr.-Ing.,  
Essen, 45307, Germany  
Prof. **Carsten DREBENSTEDT**, Dr. (Engineering),  
Freiberg, 09596, Germany  
Prof. **Jozef DUBINSKI**, Dr. (Engineering),  
Corresp. Member PAS, Katowice, 40-166, Poland  
**Sergey NIKISHICHEV**, FIMMM, Ph.D. (Economic),  
Moscow, 125047, Russian Federation  
Prof. **Luben TOTEV**, Dr., Sofia, 1700, Bulgaria

**Ugol' Journal Edition LLC**

Leninsky Prospekt, 2A, office 819  
Moscow, 119049, Russian Federation  
Tel.: +7 (499) 237-2223  
E-mail: ugol1925@mail.ru  
www.ugolinfo.ru

**MONTHLY JOURNAL, THAT DEALS WITH SCIENTIFIC,  
TECHNICAL, INDUSTRIAL AND ECONOMIC TOPICS**

Established in October 1925

**FOUNDERS**

MINISTRY OF ENERGY  
THE RUSSIAN FEDERATION,  
UGOL' JOURNAL EDITION LLC

**APRIL****4' 2025****UGOL' / RUSSIAN  
COAL  
JOURNAL****INFORMATION & ANALYTICS**

**BELAZ dump trucks powered  
by liquefied natural gas** \_\_\_\_\_ 6

**News digest on the situation in the coal business** — 8

**The chronicle. Events. The facts. News** \_\_\_\_\_ 12

**HISTORICAL PAGES**

Glinina O.I.

**Dedicated to the 100th anniversary  
of the Coal magazine** \_\_\_\_\_ 14

**COAL PREPARATION**

Lokhov D.S.

**Innovative PTS lining (Poly-tapp Slime)  
as a step towards increasing the efficiency  
of coal enterprises** \_\_\_\_\_ 17

**ECONOMICS**

Puchkov A.L.

**Manifestation of the Puchkov law of mineral  
energy consumption on the "Road map"  
of human development** \_\_\_\_\_ 19

Materova E.S., Aksenova Zh.A., Pasternak S.N., Zhironkin S.A.,  
Baykova E.R., Sharafullina R.R.

**The impact of coal industry indicators  
on the economic growth of the Russian economy** — 24

Plotskaya O.A., Atabekov K.K., Vorotilina T.V., Dyachenko O.V.,  
Shishkareva T.N., Mironchukovskaya V.V., Pankov V.V.

**Economic and legal aspects of industrial  
development of natural resource potential  
of the Arctic and Subarctic territories  
of the Komi Republic** \_\_\_\_\_ 31

Romanova A.A., Katkov Yu.N., Zabaikin Yu.V.,  
Lyutyagin D.V., Lun'kin D.A.

**Methodology of an accounting and analytical system  
for coal companies with account of the impact  
of economy fragmentation has on their activities** — 37

**UNDERGROUND MINING**

Filimonov M.S., Aushev E.V., Karasev V.A.

**Features of the anchorage depending  
on the pliability and pretension** \_\_\_\_\_ 47

Tatsienko V.P., Buyalich G.D., Bubnov K.A., Tsarev D.V.

**Application of the cross-cutting and tunnelling  
unit for carrying out interstrip cuts** \_\_\_\_\_ 53

**SURFACE MINING**

Kadirov V.R., Karimov Sh.V., Karshiboev Z.Zh.,  
Tuychiboev E.I., Malyushenko D.S.

**Investigation of the influence of the parameters  
of the dredging and loading equipment  
and the work site on the stability of the ledges** — 59

Kiryushina E.V., Zenkov I.V., Conde A.S., Yuronen Yu.P.,  
Mironova Zh.V., Latyntsev A.A., Raevich K.V., Shtresler K.A.,  
Redkin D.V.

**Studying the mode of open-pit mining operations  
at a two-seam syndinal coal deposits  
in the Krasnoyarsk Territory** \_\_\_\_\_ 66

**DIGITALIZATION**

Simonin P.V., Anokhin S.A., Nadtochiy Yu.B., Kuzmina A.A.,  
Kostromina E.A., Kapustina N.V., Semchishina O.T.,  
Mukharramova E.R.

**A conceptual model of Industry 5.0 digital ecosystem:  
challenges of integrating machine and human  
intelligence** \_\_\_\_\_ 71

Lyshchikova Yu.V., Dobrodomova T.N.

**Modeling the sustainable development  
of coal mining regions of Russia  
in the context of digitalization** \_\_\_\_\_ 76

Limanova N.I., Ivaev M.I., Varlukhin V.V., Korneeva T.A.

**Business intelligence systems practical  
application benefits in the coal logistics** \_\_\_\_\_ 82

**MECHANICAL ENGINEERING**

Shakhramanyan M.A.

**Universal robotic mine rescue complex:  
application scenarios in coal mines** \_\_\_\_\_ 86

**SAFETY**

Portola V.A., Khrantsov V.I., Kirenberg E.A.

**Assessment of the application efficiency  
of a wetting method to prevent spontaneous  
coal combustion** \_\_\_\_\_ 89

**DEGASSING**

Kamarov R.K., Shukaev A.G.

**Physical and chemical treatment  
of sulfur-containing gases in mining  
of sulfur-containing zones of coal seams** \_\_\_\_\_ 95

**ECOLOGY**

Pachkin S.G., Ivanov P.P., Ivanova L.A.,  
Semenov A.G., Mikhaylova E.S.

**A modular approach to managing an open pit  
wastewater treatment system** \_\_\_\_\_ 102

Ufimtsev V.I., Sokolov D.A., Legoshchina O.M.

**Carbon sequestration in the above ground  
phytomass of forest stands on dumps  
of the Gorlovsky anthracite field** \_\_\_\_\_ 108

Litvinov I.A., Kharitonova E.N., Kharitonova N.A.,  
Abramova R.S., Kudryashov A.L.

**Smart systems for accounting of coal dust generation  
and emissions in coal mining with economic  
efficiency and environmental control** \_\_\_\_\_ 114

**LEGISLATION AND RIGHTS**

Kovalenko N.E., Bakhteeva E.I., Soshnikova I.V., Dovgan K.E.

**Legal analysis of strategic planning acts  
for the coal industry in the Russian Federation  
and Germany** \_\_\_\_\_ 125

**ABROAD**

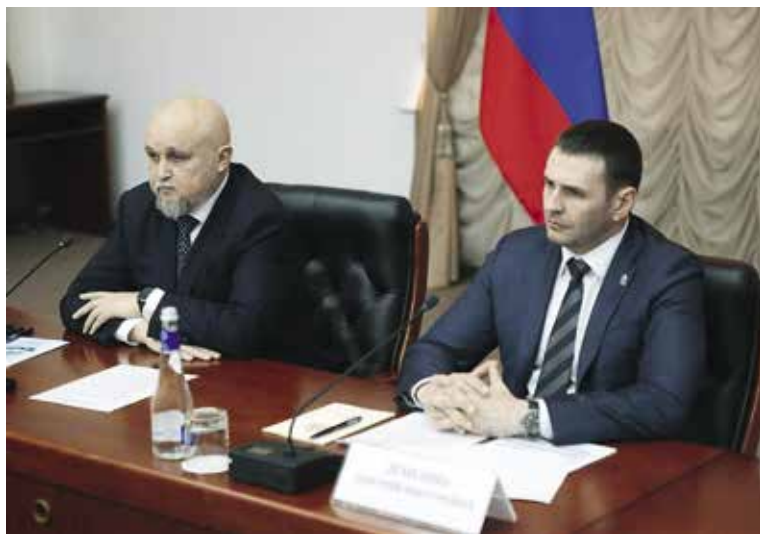
Vokin V.N., Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Agalakova A.V.,  
Kardashova E.V., Latyntsev A.A., Raevich K.V., Mironova Zh.V.,  
Shtresler K.A., Krasnochenko N.I.

**A study of the mining operation dynamics  
in open-pit coal mines in the Czech Republic  
based on space monitoring data** \_\_\_\_\_ 129

## Совещание по совершенствованию логистики поставок грузов топливно-энергетического комплекса в порты Дальнего Востока

**14 марта в Хабаровске министр энергетики Российской Федерации Сергей Цивилев провел совещание по совершенствованию логистики поставок грузов топливно-энергетического комплекса в порты Дальнего Востока.**

**Особое внимание было уделено увеличению объемов вывоза угольной продукции из регионов Восточной Сибири, экономика которых существенно зависит от экспорта угля**



«Наша задача – не допустить снижения объемов вывоза из угледобывающих регионов. У нас огромная ответственность перед всей отраслью и людьми. Совместно с коллегами работаем над тем, чтобы выполнить поставленную Президентом РФ Владимиром Путиным задачу – обеспечить 180 млн тонн грузоперевозок в восточном направлении. Для реализации этой задачи разрабатывается ряд мер, направленных на повышение оборачиваемости подвижного состава, сокращение времени в пути, внедрение инновационных вагонов. В части угля рассчитываем, что объемы вывоза на восток будут не менее уровня 2024 года по всем регионам», – подчеркнул **Сергей Цивилев**.

Кроме того, обсуждалась инициатива о закреплении на законодательном уровне приоритетного использования парка инновационных вагонов

с повышенной грузоподъемностью на Восточном полигоне, что в перспективе позволит увеличить пропускную и провозную способность.

В обсуждении приняли участие представители федеральных и региональных органов власти, ОАО «РЖД», операторы подвижного состава и угольные компании. Глава Минэнерго сообщил, что по завершении 1-го квартала 2025 г. будут подведены итоги эффективности вывоза угля в соответствии с Правилами недискриминационного доступа к железнодорожной инфраструктуре, вступившими в силу с 1 января. Он отметил, что ведомство сфокусировано на поиске оптимального решения для обеспечения вывоза угольной продукции на экспорт и рассматривает вероятность возобновления практики заключения соглашений о вывозе угля в восточном направлении с угледобывающими регионами.

Участники совещания также рассмотрели вопрос о переносе на более ранний срок электрификации участков Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей от станции Волочаевка до станций Комсомольск-Сортировочный и Ванино. Было отмечено, что электрификация данных участков будет способствовать снижению стоимости перевозки грузов в восточном направлении и увеличению провозной мощности Восточного полигона, что положительно повлияет в том числе на экспорт угля в восточном направлении.



### Дмитрий Исламов назначен статс-секретарем – заместителем министра энергетики России

Распоряжением Председателя Правительства РФ Михаила Мишустина Дмитрий Исламов назначен статс-секретарем – заместителем министра энергетики Российской Федерации.

В новой должности он будет координировать деятельность Департамента угольной промышленности, а также выполнять ряд иных полномочий.

До своего назначения Дмитрий Исламов занимал должность первого заместителя председателя Комитета Государственной Думы по энергетике.



**РЭН**  
2025



ПРАВИТЕЛЬСТВО  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

При поддержке:



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ



**РОСКОНГРЕСС**

Пространство доверия

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

# «РОССИЙСКАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ НЕДЕЛЯ»

Москва, ЦВЗ «Манеж», Манежная пл., д.1

**ВЫСТАВКА  
ОБОРУДОВАНИЯ  
И ТЕХНОЛОГИЙ  
ДЛЯ ТЭК**

Москва, Гостиный двор, ул.Ильинка, д.4

# 15-17

октября 2025 г.

Москва, Россия



[rusenergyweek.com](http://rusenergyweek.com)

Реклама 6+



# Самосвалы БЕЛАЗ

## на сжиженном природном газе

Мировой рынок сжиженного природного газа как моторного топлива сегодня активно развивается. Заметное ухудшение экологической ситуации в местах добычи полезных ископаемых и стремительный рост цен на дизельное топливо рождают спрос на создание и использование техники, работающей на альтернативном топливе.

Наиболее востребованным в настоящее время считается сжиженный природный газ (СПГ). По прогнозам специалистов, в ближайшее время СПГ может стать основным видом топлива на многих видах транспорта, в том числе и в горной технике.

**БЕЛАЗ активно работает над созданием карьерных газомоторных самосвалов. Работа ведется в двух направлениях: монотопливные машины, работающие на сжиженном или сжатом природном газе, и битопливные самосвалы, работающие в газодизельном режиме.**

Первые самосвалы грузоподъемностью 30-45 т, работающие на сжиженном природном газе, были произведены на БЕЛАЗе более трех лет назад. Они успешно прошли испытания в условиях реальных карьеров и доказали свою надежность и эффективность: выбросы вредных веществ в атмосферу в местах эксплуатации снизились до 10 раз, затраты на топливо уменьшились почти вдвое по сравнению с дизельными аналогами.

Высокий интерес наших потребителей к 90-тонникам сподвиг БЕЛАЗ на создание версии данной машины, работающей на сжиженном природном газе. Самосвалы в этом классе остаются одними из самых востребованных у заказчиков, их доля на мировом рынке составляет почти 50%.

В 2022 г. на выставке «Уголь России и Майнинг» в Новокузнецке был представлен первый в мире 90-тонный самосвал на сжиженном природном газе БЕЛАЗ-7558Н. Он оснащен внушительными криобаками, которых хватает на полноценную рабочую смену – около 10 часов. На нем установлены газовый двигатель мощностью 1068 л.с., а также современный тяговый электропривод переменного-переменно-

го тока. В машине заложена возможность использования интеллектуальной системы мониторинга и прогнозной аналитики IMS собственной разработки БЕЛАЗ. Самосвал на СПГ соответствует всем требованиям безопасности, экономичности и производительности при разработке месторождений открытым способом.





Эксплуатационные испытания показали, что газовый двигатель не менее чем на 35% экономичнее его дизельного аналога и значительно экологичнее стандартного дизельного мотора. С учетом постоянного роста цен на дизельное топливо при стабильной цене СПГ экономия при эксплуатации БЕЛАЗ-7558Н может достигать 10 млн руб. на одну единицу техники в год.

В 2024 г. на международной конференции «Электрификация горного транспорта» БЕЛАЗ представил первый в мире карьерный самосвал класса грузоподъемности 130 т – БЕЛАЗ-7513Р, работающий на сжиженном природном газе (СПГ). Белорусский производитель уверенно удерживает лидерские позиции на мировом рынке в наиболее востребованном у горняков сегменте грузоподъемности 130-136 т, занимая более 70% в объеме мировых поставок данного класса карьерных самосвалов.

БЕЛАЗ-7513Р оснащен современным газовым двигателем мощностью 1194 кВт (1624 л.с.). Этот силовой агрегат требует менее частого технического обслуживания и позволяет владельцу самосвала существенно экономить, так как стоимость газа значительно ниже по сравнению с ценой на дизельное топливо.

На машине установлено два полноразмерных СПГ-бака по 1400 литров каждый. Они позволяют самосвалу уверенно отрабатывать полную смену без остановок на дозаправку. БЕЛАЗ-7513Р оснащен электромеханической трансмиссией переменного-постоянного тока, пневмогидравлической зависимой подвеской и системой интеллектуального мониторинга IMS БЕЛАЗ.

По расчетам специалистов, при эксплуатации 130-тонного самосвала на СПГ экономия на топливе по сравнению с классическим дизельным аналогом может составить более 20 млн руб. в год.

Самосвалы с газовым двигателем имеют ряд преимуществ перед самосвалами с классическим дизельным дви-



гателем. При их использовании выбросы вредных веществ в атмосферу значительно снижаются.

Среди прочих достоинств отдельно стоит отметить увеличение ресурса двигателя за счет меньшего образования нагара, а также увеличенный межсервисный интервал.

90-тонные и 130-тонные самосвалы БЕЛАЗ на сжиженном природном газе работают с коэффициентом технической готовности (КТГ) выше 0,9.

Продолжая удовлетворять запросы потребителей, в следующем году БЕЛАЗ выпустит 130-тонный битопливный самосвал, у которого процент замещения дизеля будет значительно выше, чем у предшественников.

Также завод планирует выпустить опытный образец газомоторного самосвала грузоподъемностью 220 т. Таким образом, БЕЛАЗ сможет обеспечить потребителей эко-техникой в наиболее востребованных сегментах грузоподъемности.

**Эксплуатация самосвалов, работающих на СПГ, финансово выгодна для горнодобывающих предприятий. Она позволяет снизить затраты на топливо (за счет меньшей стоимости газового топлива по сравнению с дизельным), оптимизировать производственные затраты и в целом уменьшить себестоимость открытых горных работ.**

По материалам  
журнала «BELAZ GLOBAL»

Узнавай новости  
первым!



## ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Распоряжением Председателя Правительства РФ М. Мишустина Дмитрий Исламов назначен статс-секретарем – заместителем министра энергетики Российской Федерации. В новой должности он будет координировать деятельность Департамента угольной промышленности, а также выполнять ряд иных полномочий.

Напомним, Д.В. Исламов родился в г. Кемерово. В 2000 г. окончил Кузбасский ГТУ по специальности «Экономика и управление на предприятиях машиностроения». Прошел трудовой путь от экономиста 1 кат. в ОАО «Анжерский автосборочный завод» до замгубернатора Кемеровской области по экономике и региональному развитию в 2008-2016 гг. Был депутатом ГД ФС Российской Федерации седьмого и восьмого созывов. В 2023-2025 гг. был первым зампреда Комитета ГД ФС РФ по энергетике.

## ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ

### Михаил Мишустин утвердил план мероприятий по реализации Стратегии развития минерально-сырьевой базы России до 2050 г.

Распоряжение от 4 марта 2025 года № 500-р. Стимулирование геологического изучения территории России и ее континентального шельфа, реализация комплекса мер по обеспечению национальной экономики дефицитными видами стратегического минерального сырья, научно-технологическое и экологическое обеспечение освоения недр и подготовка специалистов, в которых нуждается отрасль, – эти и другие значимые направления легли в основу плана мероприятий по реализации Стратегии развития минерально-сырьевой базы России до 2050 г.

План содержит более 50 мероприятий. В частности, он предполагает, что уже в 2025 г. будут сформированы экономические механизмы, обеспечивающие доступность финресурсов для выполнения геолого-разведочных работ, в т.ч. в отношении предприятий малого и среднего бизнеса, разработаны механизмы стимулирования таких работ в наиболее рискованных и сложных геологических районах страны.

Ответственными за реализацию плана определены 13 федеральных министерств и ведомств, включая Минприроды, Минпромторг, Минэнерго, Роснедра, а также 4 организации, в том числе «Росатом» и РАН. **Правительство России**

### Предприятия ЛНР в 2025 г. намерены в три раза увеличить добычу угля

Угольные предприятия ЛНР намерены в 2025 г. в три раза, до 3,5 млн т увеличить объемы добычи угля по сравнению с 2024 г.

В январе т.г. был заключен первый договор аренды с АО «Промышленная группа «Родина» на передачу шахты «Белореченская», ОФ, а также «Краснодонского ПТУ». После реорганизации и начала производства, эти предприятия образуют единый комплекс под названием «Белореченский».

Ранее сообщалось, что АО «Промгруппа «Родина» и ООО «ТД «Донские угли» планируют к 2028 г. нарастить добычу до 11 млн т/г. Для этого в течение 3-х лет они инвестируют более 50 млрд руб. **ТАСС**

### ФАС России выявила сговор при поставке угля в Камчатском крае

По сообщению ведомства, выявлен сговор при поставке каменного угля в Камчатском крае на общую сумму 1,5 млрд руб.

ФАС обнаружила признаки нарушения закона «О защите конкуренции» при проведении аукционов и конкурсов для организации отопительного сезона. Так, по мнению ФАС, ресурсоснабжающие организации АО «Коряк-энерго» и АО «Камчатэнергосервис», будучи заказчиками, создали преимущественные условия участникам торгов: ООО «Камчатское морское пароходство», ООО «Эко-Сервис», ООО «Терминал-Запад».

«Реализация антиконкурентного соглашения могла привести к ограничению конкуренции на рынке поставки каменного угля на территории Камчатского края. В случае установления вины организациям грозят оборотные штрафы», – поясняет ведомство.

По данным ЕГРЮЛ, «Камчатское морское пароходство» и «Эко-Сервис» принадлежат А. Иванчю. Пароходство является крупнейшим перевозчиком в регионе, обслуживает две регулярные грузовые линии – Владивосток – Петропавловск-Камчатский и Владивосток – Сахалин (Корсаков), флот состоит из восьми судов, а «Эко-сервис» занимается поставками угля. Иванчей через пароходство также является владельцем группы компаний «Терминал», но юридически «Терминал-Запад» в контур этой группы не входит, хотя ранее, по данным ЕГРЮЛ, Иванчей владел и ООО «Терминал-Запад». **Интерфакс**



## НОВОСТИ КОМПАНИЙ

### Эльгауголь ввел все 11 обогатительных фабрик

Угледобывающий холдинг «Эльгауголь» запустил в эксплуатацию все запланированные к строительству обогатительные фабрики, сообщил министр промышленности и геологии Якутии М. Терещенко. После запуска всех 11 ОФ обогатительные мощности холдинга выросли до 38,5 млн т/год. В 2024 г. мощности составляли 31,5 млн т (+22,2%). Основные владельцы Эльгинского угольного проекта – А. Авдолян и его партнеры. **Интерфакс**

### Еще одна бригада компании «СУЭК-Кузбасс» добыла полмиллиона тонн угля с начала года

Бригада А. Ступникова шахты им. В.Д. Ялевского второй в компании «СУЭК-Кузбасс» из лавы № 52-15 выдала на-гора 584 тыс. т угля. На сегодняшний день это лучший результат среди всех очистных коллективов компании.

Первой полумиллионницей текущего года в компании стала бригада С. Шмальца шахты им. А.Д.Рубана – 543 тыс. т угля.

Третья позиция – у бригады А. Малахова шахты им. 7 Ноября-Новая – более 478 тыс. т угля. **НИА Кузбасс**

### Новый резидент СПВ в 2025 г. начнет поставки обогащенного угля в Приморье и Китай

По соглашению с Корпорацией развития Дальнего Востока и Арктики в статусе резидента свободного порта Владивосток компания «УОФ Разреза Западный» построит обогатительный комплекс на территории Ильичевского угольного месторождения в Приморском крае. Мощность производства составит 924 тыс. т в год. Объем вложений в рамках соглашения составляет 43,8 млн руб, создается 169 рабочих мест.

На ОФ будет перерабатываться уголь марки Д и использоваться в дальнейшем в качестве энергетического и коммунально-бытового топлива, что закроет потребности Артемовской ТЭЦ и др. потребителей, включая зарубежных клиентов. Также планируется производить угольные брикеты из побочного продукта. **АО «Корпорация развития Дальнего Востока и Арктики»**

### «Ш/У «Обуховская» требует 13 млрд руб. с компаний украинского олигарха Ахметова

Донское АО «Ш/У «Обуховская» заявило в Ростовский арбитражный суд иск с требованием о взыскании 12,9 млрд руб. с компаний, входящих в холдинги *System Capital Management* и *DTEK* украинского бизнесмена Р. Ахметова.

Предположительно речь может идти о погашении задолженности за поставку угля, который поставляла «Обуховская». В прошлом году донское предприятие отсудило у швейцарской «дочки» *DTEK* \$146,6 млн. Эти деньги являются задолженностью за поставку угля в 2021-2022 гг.

В то время АО «Ш/У «Обуховская» также принадлежало структурам Ахметова и продавало свой уголь через швейцарскую компанию.

По версии следствия, неустановленные лица из числа руководителей и бенефициаров *System Capital Management* и *DTEK* в 2022 г. организовали переуступку имевшейся на тот момент задолженности швейцарской «дочки» *DTEK* перед АО «Ш/У «Обуховская». Злоумышленники заключили от имени АО фиктивные договоры уступки прав требования в пользу «своих» юрлиц. Фактически же денежные средства в счет оплаты дебиторской задолженности за поставки угля в размере \$146,6 млн в АО «Ш/У «Обуховская» не поступили.

АО признано в уголовном деле потерпевшей стороной.

АО «Ш/У «Обуховская» находится в г. Зверево. Структуры *DTEK* приобрели его в 2012 г. (вместе с АО «Донской антрацит»). В мае 2022 г. стало известно, что обе донские угледобывающие компании за долги перешли к Сбербанку, который затем продал их за \$230 млн кипрской фирме *Valleyton Investments*.

По данным Интерфакса, в июне 2024 г. АО «Лучшее решение» (Москва) выкупило 100% акций АО «Донской антрацит» и АО «Ш/У «Обуховская» у кипрской фирмы *Fabcell Ltd. Коммерсантъ*

### Оборудование обанкротившейся «Шахты Ростовской» снова выставили на торги

Имущество ООО «Шахта Ростовская» повторно выставлено на аукцион. Стоимость лота снизили почти на 400 тыс. руб. – до 4,4 млн руб. Покупатель получит в распоряжение бурильную установку, погрузочную машину, трансформатор, восемь респираторов, насосы с двигателем и т. д.

Прием заявок на участие в аукционе стартовал 24 февраля. Завершить его планируют 28 марта. Затем через трое суток подведут итоги.

ООО «Шахта Ростовская» была зарегистрирована в г. Гуково Ростовской обл. в сентябре 2017 г. Компания занималась добычей и обогащением антрацита. Свою работу предприятие начало еще в 1953 г. Оно входило в производственное объединение «Гуковуголь». Затем им управляли компании «Русский уголь» и «Кингкоул».

В декабре 2024 г. ООО «Шахта Ростовская» было признано банкротом. Поводом для этого стали долги. Кредиторы требуют от предприятия выплатить им свыше 318 млн руб. **DONDAY**

### ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

#### Дальтрансуголь (порт Ванино) направил в 2024 г. на экологические мероприятия 682,8 млн руб.

Терминал ввел в эксплуатацию первый ветрозащитный экран протяженностью 855 м и высотой 25 м и начал строительство второго. Терминал «Дальтрансуголь» (входит в

АО «Портовый Альянс») в порту Ванино направил в 2024 г. на экологические мероприятия 682,8 млн руб. В будущем терминал планирует построить третий и четвертый экраны, суммарная длина всех конструкций достигнет 2,5 км.

**Справочно.** Терминал «Дальтрансуголь» расположен в глубоководной бухте Мучка в Хабаровском крае. Перевалочная мощность – 32,8 млн т/г. угля (грузооборот в 2024 г. составил 14,5 млн т). Терминал может принимать и обслуживать суда типа Capesize. Дальтрансуголь реализует комплексный инвестиционный проект по увеличению мощностей до 40 млн т/г. угля. **PortNews**

### Прокуратура взыскивает с Сибэнергоугля 15 млн руб. за порчу сельхозземель

Новокузнецкая межрайонная природоохранная прокуратура установила в ходе проверки, что в октябре 2024 г. на участке недр «Ананьинский Западный» в Новокузнецком м.о. сточные и карьерные воды оказались на землях сельскохозяйственного назначения. Это произошло в ходе осушения участка горных работ. Несанкционированный сброс загрязненных вод вызвал загрязнение, заболачивание и деградацию плодородных почв, причинил ущерб более 15 млн руб, сообщили в пресс-службе областной прокуратуры. Участок «Ананьинский Западный» с 2007 г. находится в пользовании у ООО «Сибэнергоуголь».

По постановлению природоохранного прокурора ООО «Сибэнергоуголь» было привлечено к административной ответственности за самовольное снятие или перемещение плодородного слоя почвы и невыполнение установленных требований и обязательных мероприятий по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду (ч. 1, 2, ст. 8.6. и ч. 2 ст. 8,7 КоАП РФ) и оштрафовано на 400 тыс. руб. Компания оплатила штрафы. Прокурор направил к ней иск в Куйбышевский районный суд Новокузнецка на 15 млн руб. о возмещении ущерба. Сейчас заявление находится на рассмотрении суда.

Кроме того, по материалам прокурорской проверки следственные органы СК РФ возбудили уголовное дело за нарушение правил охраны окружающей среды при производстве работ (ст. 246 УК РФ).

ООО «Сибэнергоуголь» в 2024 г. было приобретено московским АО «Резервуголь». **Бизнес-портал Кузбасса**

### ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ, ПОРТОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

#### А. Новак обсудил с компаниями планы по вывозу угля и вопросы по его ценообразованию

Вице-премьер России А. Новак провел совещание (в марте т.г.) по ситуации в угольной отрасли с руководителями и представителями федеральных органов исполнительной власти, а также компаниями угольной отрасли.

«Участники обсудили текущую экономическую ситуацию в угледобывающей сфере, планы по вывозу угля, а также вопросы ценообразования на уголь на внутреннем и внешнем рынках», – говорится в сообщении.

Ранее А.В. Новак поручил РЖД обеспечить вывоз угольной продукции в соответствии с утвержденными планами, а Минэнерго продолжать мониторинг работы предприятий отрасли и ситуации в угледобывающих регионах. Он также поручал РЖД, Минэнерго и представителям портов проработать оптимальную тарифную политику по вывозу угля. **TACC**

#### Пропускная способность ж/д подходов к порту Лавна достигла 6 млн т в год

Под председательством министра транспорта Р. Старовойта 11 марта т.г. состоялось совещание по вопросу комплексного развития Мурманского транспортного узла (МТУ) с участием губернатора Мурманской области А. Чибиса, представителей Правительства РФ, Росжелдора, Росморречфлота, ФКУ «Ространс-модернизация», АО «ГТЛК», ОАО «РЖД», ПАО «Россети» и АНО «ДМТК».

«В целях реализации Стратегии развития Арктической зоны, утвержденной Президентом России, осуществляются мероприятия по комплексному развитию морского порта Мурманск и развитие Мурманского ТУ как мультимодального транспортного хаба. На сегодняшний день отмечаем наличие ряда актуальных вопросов, требующих обсуждения и принятия дальнейших решений», – отметил министр.

В части морского транспорта в рамках нацпроекта «Эффективная транспортная система» в настоящее время ведется строительство комплекса перегрузки угля «Лавна» в порту Мурманска. Проект предполагает перевалку угля в объеме 18 млн т/г.

Ключевой целью реализации «ближних» ж/д подходов являются расширение транспортной доступности к порту «Лавна» за счет строительства ближних ж/д подходов протяженностью около 50 км, а также обеспечение пропускной способности в объеме до 18 млн т грузов к вновь строящемуся порту. Сейчас на подходах уже открыто рабочее движение, и по железной дороге можно перевозить до 6 млн т грузов. **KORABEL.ru**

#### Казахстан и Россия обсудили развитие транспортного коридора Север – Юг и транзит угля в Китай

В Москве состоялась встреча министра транспорта Республики Казахстан М. Карабаева с министром транспорта РФ Р. Старовойтом и министром энергетики России С. Цивилевым. В переговорах также приняли участие руководители АО «НК «ҚТЖ» и ОАО «РЖД».

Стороны обсудили вопросы двустороннего сотрудничества в сфере транспортных перевозок, включая развитие маршрута «Север – Юг» и транзит российского угля в Китай через территорию Казахстана.

В преддверии этой встречи железнодорожники двух стран провели ряд совещаний, в т.ч. с участием угольных компаний России. В ходе обсуждений была выражена высокая заинтересованность в перевозках через Казахстан, поскольку этот маршрут является востребованной и перспективной альтернативой. **T-банк**



## МИРОВОЙ УГОЛЬНЫЙ РЫНОК

### Китай может возобновить контроль за импортом угля по мере роста переизбытка предложения

По данным Morgan Stanley, Китай может восстановить контроль за импортом угля в ответ на растущий избыток предложения на рынке. Хотя полный запрет на закупки маловероятен из-за обязательств Китая перед Всемирной торговой организацией, возможны задержки или проверки импорта, как это происходило в 2014, 2017 и 2018 годах.

До 2022 г. Китай ограничивал импорт угля до 300 млн т, но в последние годы, из-за энергетической безопасности объемы поставок значительно возросли, в 2022 г. достигнув рекорда – 543 млн т. Однако в 2023 г. спрос значительно снизился, что привело к падению цен и рентабельности угольных шахт.

Недавний спад на рынке угля продолжает давить на цены: базовая цена на энергетический уголь снизилась до 699 юаней за одну тонну, что является минимальным уровнем с марта 2021 г. **Smart-lab**

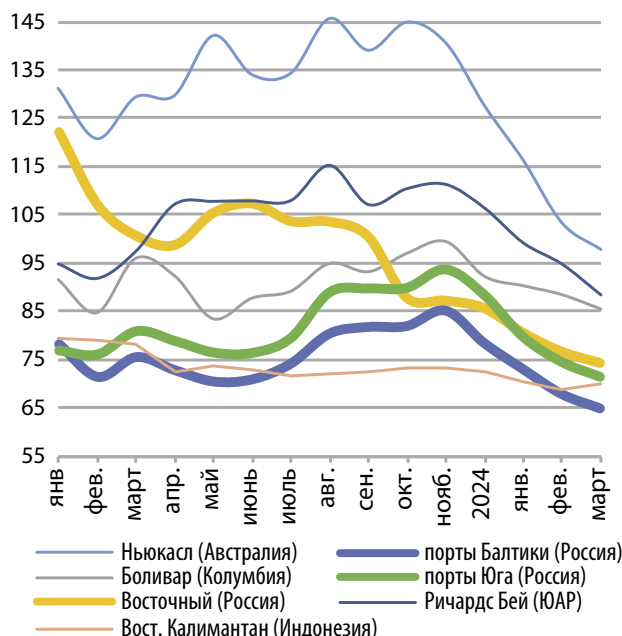
### Индия планирует создать биржу по торговле углем для внутреннего рынка

Правительство Индии выступило с инициативой создания угольной торговой биржи (Coal Trading Exchange, CTE), которая позволит компаниям покупать и продавать уголь отечественного производства на единой платформе. Данное предложение обусловлено стремительным ростом внутренней добычи угля и необходимостью повышения прозрачности и конкурентоспособности ценообразования.

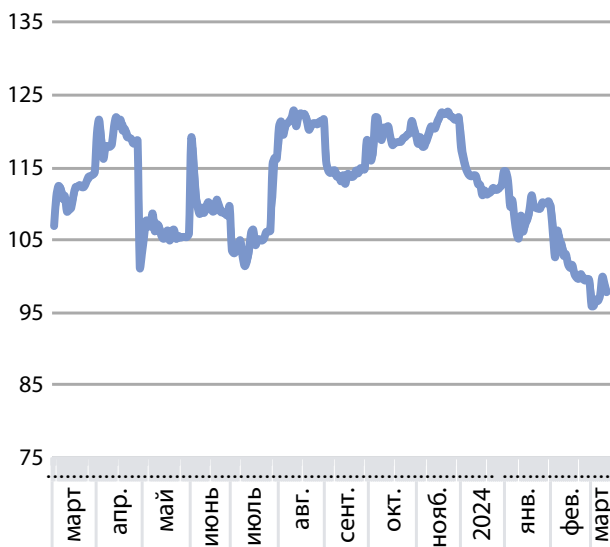
Согласно уведомлению Министерства угольной промышленности от 12 марта, CTE будет функционировать как многосторонняя платформа, на которой покупатели и продавцы смогут одновременно подавать заявки, что обеспечит более эффективное и конкурентное ценообразование.

Биржа также будет выполнять клиринговые и расчетные функции, выступая в качестве контрагента для сделок. В качестве регулятора торговой площадки предложено назначить *Coal Controller Organization*. **ProNedra**

## МИРОВЫЕ КОТИРОВКИ ЦЕН FOB (\$/Т) НА СПОТОВОМ РЫНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ В ПОРТАХ ОТГРУЗКИ В 2024-2025 гг.



## ДИНАМИКА ИНДЕКСА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УГОЛЬ API2 CIF АРА В 2024-2025 гг., \$/Т



## Музей угля открыли для промышленных туристов на Кедровском разрезе



Современный музей угля и трудовой славы открылся на Кедровском угольном разрезе в Кемерово, где активно развивается промышленный туризм. В торжественном открытии

музея приняла участие **министр туризма Кузбасса Елена Латышенко**.

Открытие обновленного музея приурочено к 70-летию Кедровского разреза. Сегодня он остается одним из старейших предприятий по открытой добыче угля в Кузбассе и вместе с тем является передовым по внедрению наилучших доступных технологий в производство и охрану окружающей среды. С историей и инновациями туристы знакомятся в ходе промышленных экскурсий. Только в 2024 г. разрез посетили 1,5 тыс. гостей.

«Кедровский разрез стал первым предприятием, которое вошло в программу промышленного туризма. Сегодня предприятие по праву считается визитной карточкой нашего региона. Мы рады, что разрез с каждым годом принимает все больше гостей и туристов, от которых мы получаем большое количество положительных отзывов. Уверена, что новый музей будет способствовать повышению уровня развития промышленного туризма в регионе», – отметила на открытии **Елена Латышенко**.

В экспозиции музея представлены уникальные архивные документы об истории разреза и легендарных горняках, которые внесли особый вклад в развитие предприятия и угольной промышленности Кузбасса. Также в обновленном музейном пространстве появился 3D-макет угольного разреза, который демонстрирует полную технологическую цепочку добычи угля открытым способом – от геологоразведки до обогащения добытого угля и его отгрузки потребителям.

«Обновленная музейная экспозиция позволит наглядно познакомиться с историей образования угля и промышленного освоения Кузнецкого каменноугольного бассейна, образцами угля разных марок и уникальными палеонтологическими находками кузбасских горняков. Больше половины наших туристов – это гости из других регионов и стран. Их знакомство с Кузбассом как с главным угледобывающим регионом страны часто начинается именно с нашего предприятия», – отметила **директор по связям с общественностью и коммуникациям УК «Кузбассразрезуголь» Мария Пименова**.

Программу промышленного туризма Кедровский угольный разрез реализует с 2021 г. и является лидером среди предприятий горно-металлургического комплекса региона. В 2024 г. предприятие заняло 1 место XI Всероссийской туристической премии «Маршрут года» в номинации «Лучший маршрут промышленного туризма».

Пресс-служба АО «УК «Кузбассразрезуголь»





## Работник «Якутугля» принял участие в работе фокус-группы по оценке посадочного макета новой кабины самосвала БелАЗ

*Водитель карьерного самосвала АО ХК «Якутуголь» (входит в Группу «Мечел») Руслан Имухажаров принял участие в работе фокус-группы, сформированной для оценки посадочного макета новой кабины самосвала БелАЗ. Фокус-группа проходила в Минске, Республика Беларусь.*

В работе фокус-группы приняли участие шесть опытных операторов карьерных самосвалов – работников промышленных предприятий России. Они оценивали конструктивные решения, обновленный дизайн интерьера и эргономику новой кабины самосвала на примере ее готового посадочного макета, после чего формулировали комментарии и предложения по улучшению.



«Представленная кабина – результат продуманной инженерной работы, направленной на обеспечение максимальной безопасности и комфорта водителя. Из положительных моментов отмечу удобное водительское кресло, климат-контроль в кабине, электрические стеклоподъемники, удачное изменение расположения стеклоочистителей. Наша фокус-группа попросила изменить расположение педалей управления, сдвинув их вглубь кабины, уделить особое внимание механизму включения стояночной тормозной системы, предусмотреть подогрев зоны дворников лобового стекла. Кроме того, мы посоветовали изменить светло-серый цвет салона на более темный, что практичнее в условиях работы на угольных разрезах. Разработчики отметили наши замечания и обещали доработать. В целом ощущение от кабины такое, как будто сидишь в дорогой машине класса люкс. Если посадочный макет



кабины будет утвержден в таком варианте, это станет прорывом в мире большегрузных машин и, безусловно, поспособствует повышению престижа профессии водителя карьерного автосамосвала», – рассказал **бронзовый призер международного чемпионата «Клуб операторов БелАЗ-2023» Руслан Имухажаров.**

«В состав автотранспортного парка компании «Якутуголь» входят карьерные автосамосвалы БелАЗ грузоподъемностью от 30 до 220 тонн, они задействованы в перевозке угля и горной породы. Мы с готовностью поддержали производителя техники в стремлении повысить ее надежность и безопасность, обеспечить комфортные условия для водителя, отправив для оценки улучшений опытного специалиста-практика», – сказал **управляющий директор АО ХК «Якутуголь» Олег Михайлов.**

Пресс-служба АО ХК «Якутуголь»

**От редакции**

Главному отраслевому изданию – научно-техническому и производственно-экономическому журналу «Уголь» в этом году исполняется 100 лет.

С № 1-2025 журнала мы начали публиковать цикл статей, посвященных истории и становлению отраслевого издания, поэтапно освещая каждое десятилетие. Все материалы, опубликованные в журнале «Уголь», всегда способствовали широкому обмену передовым опытом работы в угольной отрасли, освещению актуальных проблем совершенствования горношахтного оборудования, осмыслению и анализу технико-экономических показателей работы угольных шахт СССР.



## К 100-летию журнала УГОЛЬ

### ФОРМИРОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ДОБЫЧИ УГЛЯ

(по материалам журнала УГОЛЬ за 1955-1965 гг.)

По мере создания, освоения производства и внедрения новых средств механизации, отдельных наиболее трудоемких процессов подземной добычи угля складывались и совершенствовались представления о **комплексной механизации** работ на угольных шахтах. При внедрении первых образцов широкозахватных угольных комбайнов, передвижных скребковых конвейеров и индивидуального металлического крепления к комплексно-механизированным забоям относились те лавы и подготовительные выработки, где были осуществлены и эффективно освоены средства механизации навалки в лавах и погрузки породы и угля при проходке штреков.

В это время на страницах журнала «Уголь» постоянно публикуются и широко обсуждаются статьи по проблемам совершенствования комбайнов, погрузочных машин, средств доставки и крепления кровли в забоях. В 1955 г. в № 3 журнала «Уголь» **В.Г. Бочкарев** и **А.Д. Панов** рассматривают «задачи усовершенствования металлических стоек для крепления лав», в № 7 в статье **Б.Л. Давыдова** речь идет «о наивыгоднейших параметрах скребковых конвейеров», а в статье **И.Г. Штокмана** – «об основных параметрах скребковых конвейеров». **Б.С. Шестов** в № 1 за 1957 г. знакомит читателей с «результатами испытаний

металлических шарнирных верхняков». В № 8 за 1956 г. **А.Д. Панов** освещает «перспективы выемки угля в лавах на пологих пластах стругами и узкозахватными комбайнами». В № 9 в разделе «Хроника» публикуются материалы научно-технической конференции по механизированным крепям для Подмосковского бассейна.

**Начиная с этого периода в понятие «комплексно-механизированная лава» неотъемлемой составной частью входит механизированная крепь** как эффективное средство поддержания и управления кровлей в лавах, обеспечивающее существенное повышение безопасности добычи угля.

В № 7 за 1957 г. в статье **А.С. Спиваковского** и **Ю.К. Подъемщикова** описан ряд «вопросов взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами». **Е.Н. Родченко** публикует материалы о «внедрении **механизированной крепи МПК-1** в очистных выработках», в которых освещает опыт эксплуатации первой комплексной механизированной крепи, передвижающейся с помощью гидрофицированного передвижника, работающей совместно с широкозахватным комбайном «Донбасс» и с передвижным скребковым конвейером. Это была первая механизированная крепь для маломощных пластов Донецкого бассейна, поставленная на промышленное производство на Дружковском машиностроительном заводе.



**КОМБАЙН ГУМЕННИКА**

**22 апреля 1958 г. за изобретение скоростного проходческого комбайна начальнику механического цеха шахты «Байдаевская» Я.Я. Гуменнику и начальнику шахты М.С. Ковальчуку была присуждена Ленинская премия.**

Не имея специального технического образования, опираясь лишь на личный опыт работы в ремонтной мастерской, прочитанную литературу и интуицию, Яков Гуменник в 1952 г. собрал первый опытный образец комбайна для добычи угля в шахтах, который назвал ПКГ-1 (проходческий комбайн Гуменника). Причем делал он это в свободное от основной работы время. Комбайн опробовали в работе на шахте «Байдаевская» в 1953 г. На работу новой машины приехал посмотреть даже заместитель министра угольной промышленности СССР Александр Задемидко.

Яков Гуменник не был первым – еще в 1930-е годы в СССР был разработан угольный комбайн Алексея Бахмутского, который одновременно выполнял зарубку, отбойку и навалку угля в забое. Однако комбайн Гуменника был значительно проще, но при этом работал быстрее и намного производительнее старых. К тому же, в отличие от своих предшественников комбайн Гуменника был самоходным, а не стационарным и при этом мог работать на крутопадающих угольных пластах, что тоже было немаловажно.

6 апреля 1955 г. скоростной проходческий комбайн Гуменника успешно выдержал промышленные испытания. Учтя отличные результаты испытаний, институт «Гипроуглемаш» с участием Я.Я. Гуменника спроектировал усовершенствованные модели комбайна – ПКГ-2, ПКГ-3, ПКГ-4.



На ПКГ-3 и ПКГ-4 (для работы в гидрошахтах) в последствии много раз устанавливались мировые рекорды по добыче угля. Так, например, 2 февраля 1958 г. комбайн на шахте «Байдаевские уклоны» поставил мировой рекорд проходки 1438 м при суточном максимуме 118 м. А 30 декабря 1964 г. комбайн проекта Гуменника прошел 2093 м горной выработки.

Комбайн Гуменника очень быстро стал известен по всей стране и за ее пределами. Лицензию на его использование приобрели Чехословакия, Китай, Англия, ФРГ и Польша.

В 1961 г. Яков Яковлевич переехал жить в Москву, работал в Институте горного дела им. А.А. Скочинского, продолжая и дальше усовершенствовать и разрабатывать новые модели комбайнов.

В 1967 г. комбайн Гуменника был удостоен Золотой медали ВДНХ и установлен на постаменте при въезде в Орджоникидзевский район города Новокузнецка, где его и сегодня можно увидеть у стелы «Слава шахтерам».



Проблемам комплексной механизации шахт посвящена статья **П.З. Звягина, М.И. Лившица, А.П. Судоплатова** «Развитие техники подземного способа добычи угля в СССР» (№ 11 за 1957 г.). Тема механизированных крепей и совершенствования средств комплексной механизации постоянно развивается на страницах журнала «Уголь», а обсуждение связанных с ней проблем является неотъемлемой частью раздела отзывов читателей.

Начиная с 1960 г. в журнале вводится новая рубрика «Новые машины», где в № 10 описываются первая гидрофицированная крепь типа П-87 (которая еще и в настоящее время применяется на шахтах России), проходческий комбайн ПК-7 и стойки металлические «ТС». В этом же номере открывается дискуссия о широко- и узкозахватной выемке угля, авторы **А.А. Усков, Б.А. Розентрер, И.Ф. Гончаревич** информируют о «новых решениях в области комплексной механизации очистных работ в угольных шахтах». **А.Г. Тузинский и О.А. Лебедев** рассматривают проблемы «механизации и автоматизации на шахтах». В статье **В.М. Михайлова** «К вопросу узкозахватной выемки с бессточным призабойным пространством» приводятся примеры применения широко- и узкозахватной выемки угля за рубежом, а также делается анализ такой работы на шахтах СССР. Эта статья являлась отзывом на публикацию **А.А. Авяняна** в № 2 «К вопросу о расширении области применения комплексов с бессточным призабойным пространством».

**Теперь понятие «комплексно-механизированная лава» стало относиться к забоям, где применяют**

**узкозахватный комбайн, передвижной конвейер и гидрофицированная передвижная крепь.** В № 5 за 1957 г. публикуется отзыв **В.Ф. Кривоносова** на статью **А.Д. Панова** «Перспективы выемки угля в лавах на пологих пластах стругами и узкозахватными комбайнами», где подтверждаются значительные преимущества и перспективы широкого применения узкозахватной выемки угля. Это показали положительные результаты работы на шахте № 9 треста «Снежнянантрацит» узкозахватного комплекса оборудования ДУ-1, состоящего из комбайна «Донбасс-1», скребкового конвейера, металлических стоек с шарнирными верхняками и посадочных стоек. В № 2 за 1960 г. авторы **Д.М. Любоцинский, Ю.Н. Козак** информируют читателей журнала о «результатах испытаний опытного образца комбайна К14Г в Карагандинском бассейне». В том же 1960 г. в № 10 **А.А. Ореховский** предпринял попытку сравнить узко- и широкозахватную выемку по возможной производительности забоя и трудоемкости очистных работ на пологих пластах с различной крепостью угля.

В статье члена Коллегии Госэкономсовета СССР **Г.В. Красниковского** (1962 г., № 3) говорилось, что «...Развитие угольной промышленности будет определяться в соответствии с задачами дальнейшего улучшения топливно-энергетического баланса страны. Удельное участие угля в производстве различных видов топлива в будущем будет постепенно снижаться при увеличении добычи нефти и газа... Но вместе с тем непрерывно растущая потребность народного хозяйства в топливе в ближайшие годы

*потребуется значительного увеличения добычи угля, а для этого необходимо превратить угольную промышленность в одну из наиболее передовых и высокомеханизированных отраслей тяжелой индустрии...»*

Основные тенденции комплексной механизации и автоматизации в угольной промышленности Луганского экономического района рассматриваются в статье **А.С. Кузмица** в № 1 за 1960 г. Проблемы «комплексной механизации добычи в очистных забоях» рассматривает **А.Е. Голод** в № 5 за этот же год. **Г.Г. Буров, Н.П. Белов** в № 8 подробно излагают «результаты промышленных испытаний нового механизированного комплекса ОМК на шахтах Тульского Совнархоза». Этот комплекс был поставлен на промышленное производство и сыграл большую роль в процессах механизации крепления и управления кровлей на пластах средней мощности в СССР. Он также послужил основой развития оградительно-поддерживающих щитовых крепей в мировой практике на шахтах всех угледобывающих стран мира, практически полностью вытеснив механизированные крепи поддерживающего типа. **Комплекс ОМК окончательно утвердил узкозахватную выемку угля как основной способ комплексной механизации добычи угля лавами на угольных шахтах в мировой практике**, а также при подземной добыче других полезных ископаемых на пластовых месторождениях калийных и других солей, соды и др.

Создание и внедрение очистных механизированных комплексов (ОМК) в практику подземной добычи угля сыграли исключительную роль в техническом перевооружении угольной промышленности, послужили мощным стимулом развития шахт, привели к повышению технического уровня всех звеньев технологии подземной добычи. Успешное применение ОМК в угольной промышленности способствовало расширению области их применения. Очистные механизированные комплексы стали использоваться на калийных рудниках и при добыче целого ряда

других полезных ископаемых преимущественно с пластовой структурой залегания.

При переходе на комплексную механизацию очистных работ в принципе были решены проблемы создания гидрофицированных передвижных секций крепи, забойных передвижных скребковых конвейеров, узкозахватных комбайнов, стругов. Кинематические связи перечисленных механизмов и оборудования обеспечивают согласованное перемещение в циклическом режиме всего комплекса машин и оборудования вслед за подвиганием очистного забоя по мере отработки выемочного столба.

О роли угля в топливных ресурсах Украины, которая является основным районом добычи коксующихся углей для металлургической промышленности Центра и Юга СССР, говорилось в статье начальника отдела топливной промышленности Госплана Украинской ССР **С.Б. Островского** (1962 г., № 4).

В № 2 за 1964 г. представлены материалы работы III съезда Научно-технического горного общества (НТГО), где были заслушаны доклады председателя центрального правления общества **А.А. Ускова**, председателя ревизионной комиссии **Б.А. Чухина** и председателя Государственного Комитета по топливной промышленности при Госплане СССР акад. **Н.В. Мельникова**. В его докладе «О техническом прогрессе в угольной промышленности» говорилось о строительстве крупнейших угольных шахт и карьеров, о разработке метанообильных пластов на больших глубинах, о комплексной механизации и автоматизации добычи угля и о гидродобыче. Учитывая необходимость более оперативного освещения достижений науки и техники, передового опыта угольных предприятий и особенно критических материалов по результатам внедрения прогрессивных методов работы, съезд обязал первичные организации НТГО принять меры по усилению пропаганды журнала «Уголь» и увеличению его тиража.

### **КРАСНИКОВСКИЙ Георгий Владимирович**

*Выдающийся горный инженер, ученый, вложивший много труда и сил в развитие угольной промышленности Советского Союза.*

Георгий Владимирович Красниковский после обучения в Днепропетровском горном институте (1926-1930 гг.) преподавал там же и занимался исследованиями вопросов совершенствования способов вскрытия и разработки крутых пластов Центрального района Донбасса.

В 1933-1937 гг. – начальник участка, затем главный инженер шахты № 10 имени Артема треста «Лугануголь». В 1937 г. назначен главным инженером треста «Артемуголь» (самого крупного в Донбассе), через год переведен на должность главного инженера комбината «Донбассуголь». После разделения Донбассугля на три комбината переехал в Москву, работал главным инженером Главугля Донбасса и Кавказа.

После начала Великой Отечественной войны осуществлял техническое руководство угольной промышленностью Средней Азии. В 1942-1943 гг. – главный инженер комбината «Тулауголь». В конце 1943 г., после освобождения Восточной Украины, назначен главным инженером Главного управления по восстановлению шахт Донбасса.

В 1946-1956 гг. работал в центральном аппарате МУП СССР начальником технического управления, членом коллегии министерства, заместителем министра. В 1956-1958 гг. работал в должности министра строительства предприятий угольной промышленности УССР, в 1958-1959 гг. – в Госплане УССР начальником топливного отдела - членом коллегии в ранге министра УССР.

В 1959 г. переведен в Москву на должность начальника отдела угольной, торфяной и сланцевой промышленности Госплана СССР. В 1960-1962 гг. начальником отдела угольной, торфяной и сланцевой промышленности Госэкономсовета СССР. В 1962 – 1981 гг. – председатель Государственной экспертной комиссии Госплана СССР. В 1960-1964 гг. – заведующий кафедрой «Разработки пластовых месторождений» Московского горного института (сегодня – Горный институт НИТУ МИСИС), преподавал на кафедре до 1986 г.



**На протяжении четверти века – с декабря 1946 г. по август 1955 г., а затем с октября 1960 г. по июль 1974 г. Георгий Владимирович Красниковский был главным редактором журнала «Уголь»**



# Инновационная футеровка PTS (Poly-tapp Slime) как шаг к повышению эффективности угольных предприятий

**Ключевые слова:** TAPP Group, высокое абразивное воздействие, специальный футеровочный материал, Poly-tapp Slime, горно-обоганительное оборудование.

Уголь, особенно с глинистыми и мелкодисперсными включениями, склонен к уплотнению и прилипанию к бункерам, желобам и другим узлам оборудования. При этом на разрезах, расположенных в северных регионах, затрудняется и погрузочно-разгрузочные операции – влажный продукт банально примерзает ко внутренним поверхностям. Такое налипание моментально снижает пропускную способность и вынуждает останавливать технологические линии для ручной очистки, что ведет к потерям времени погрузки/выгрузки и, как следствие, к прямым убыткам.

Дополнительной сложностью становится высокое абразивное воздействие: при больших объемах переработки угля изнашиваются даже прочные металлические конструкции, особенно в зонах активного трения. Из-за регулярного истирания покрытий и оборудования возрастает потребность в ремонтах и внеплановых остановках. Таким образом, предприятия не только теряют ресурсы на замену деталей, но и несут существенные убытки от снижения общей производительности.

## POLY-TAPP SLIME

**Poly-tapp Slime (PTS)** – это специальный футеровочный материал, разработанный компанией TAPP Group под крайне жесткие требования горнообработывающих предприятий. Его ключевая особенность заключается в сочетании нескольких важных характеристик:

### 1. Антиадгезионные свойства

Неполярные молекулы PTS практически не вступают во взаимное притяжение с поверхностями влажного или глинистого материала. В результате снижается риск «схватывания» и примерзания угля. Даже при отрицательных температурах покрытие сохраняет гладкость и существенно уменьшает налипание.

### 2. Высокая ударопрочность

Практика доказала, что лист футеровки PTS толщиной 40 мм (PE9000) выдерживает падение крупных кусков угля (до 400×500 мм) с высоты до 12 метров. Это особенно актуально для бункеров под вагонопрокидывателями, где гравитационное воздействие усиливается массой многотонных объемов угля.

### 3. Износостойкость и эластичность

Материал дополнен специальными полимерными связями, которые обеспечивают ему эластичность и стойкость к абразивному износу. В отличие от многих традиционных металлических футеровок или резиновых вставок PTS не теряет рабочих свойств в широком диапазоне температур.

### 4. Быстрый и простой монтаж

Установка футеровки PTS не требует сложного оборудования или длительного демонтажа существующих конструкций. Плиты легко подгоняются под нужные габариты и крепятся «безболезненно» для производственного процесса, что сводит к минимуму время простоя.



## ЛОХОВ Д.С.

Генеральный директор  
TAPP Group,  
308024, г. Белгород, Россия,  
e-mail: info@tapp-group.ru



МЫ ТЕПЕРЬ  
**ДУМПКАРЫ ФУТЕРОВАННЫЕ PTS**  
ЗАЩИЩАЮТ И ДЕРЖАЮТ ВАШЕ ПРОИЗВОДСТВО

### ПОДТВЕРЖДЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ: ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ

Практическое применение PTS уже на нескольких добывающих и обогатительных предприятиях подтвердило заявленные показатели надежности. Так, на одном из горно-обогатительных комбинатов при проведении испытаний сроком 124 дня футеровка показала полное отсутствие зависаний, а также крайне низкий износ при непрерывной эксплуатации, высоких нагрузках и высокоабразивной минеральной структуре перерабатываемого сырья.

В условиях северных широт, где проблема примерзания стоит наиболее остро, PTS стала одним из эффективных решений. Предприятия, устанавливающие **Poly-tapp Slime** в зонах с экстремально низкими температурами, получили очевидные преимущества: минимум отложений на стенках, более равномерную подачу материала и, как итог, стабильность технологического цикла. Если раньше регулярно приходилось останавливать линию для удаления налипшего материала и проверки состояния металлического покрытия, то сегодня подобные операции требуются существенно реже. По отзывам производственного персонала, общее время простоя при разгрузке угля сократилось приблизительно на **50%**.

### ПЕРЕХОД К «ПРОАКТИВНОЙ» ЭКСПЛУАТАЦИИ

Применение футеровки PTS укладывается в концепцию «проактивной» эксплуатации оборудования. Вместо непрерывной борьбы с последствиями (со льдом, налипшим материалом и аварийными ситуациями из-за избыточного абразивного износа) предприятия могут изначально заложить надежную защиту в самых уязвимых точках технологической цепочки. Дополнительным



плюсом является снижение зависимости от человеческого фактора: меньше ручной очистки – меньше потребности во внешних бригадах, выезжающих для срочного устранения критических засоров.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

#### – Сокращение простоев и аварийных остановок

Благодаря свойствам PTS, препятствующим налипанию, оборудование требуется реже останавливать для обслуживания.

#### – Уменьшение затрат на ремонт

Высокая ударная прочность и стойкость к абразивному износу позволяют продлить срок службы бункеров и желобов в несколько раз, что автоматически снижает число замен и внеплановых закупок запасных частей.

#### – Рост объемов переработки

Технологическая линия, свободная от «пробок» и налипания, работает стабильнее, обеспечивая более высокую производительность при тех же операционных затратах.

#### – Стабильное качество продукта

Равномерный поток угля без навала на стенках способствует более точному соблюдению производственного регламента и снижению колебаний качества конечного продукта.

### ВЗГЛЯД НА БУДУЩЕЕ

Развитие отрасли предполагает постоянный поиск инструментов, помогающих автоматизировать и упростить эксплуатацию. Сегодня защитные покрытия должны работать на результаты 24/7, выдерживая колебания температуры, удары, трение и химические воздействия. Способность выдерживать все эти факторы без критических потерь производительности делает **Poly-tapp Slime** логичным выбором для предприятий, стремящихся к технологическому совершенствованию.

**«Многие наши партнеры в России и странах СНГ уже сделали ставку на футеровку PTS в качестве основы «проактивного» подхода к обслуживанию. В условиях динамично меняющегося рынка и растущих требований к качеству продукта подобные решения становятся не просто выгодным вложением, но и стратегически важным фактором конкурентоспособности».**

Для получения дополнительной информации и оформления заказа обращайтесь:

+7 (910) 320 27 52;

kalchenko@tapp-group.ru

Подписывайтесь на наш канал

web: [www.tapp-group.ru](http://www.tapp-group.ru)

Наш YouTube-канал:





УДК 338.45:622 © А.Л. Пучков✉, 2025  
НИТУ МИСИС, 119049, г. Москва, Россия  
✉ e-mail: mbamining.alexey1@yandex.ru

UDC 338.45:622 © A.L. Puchkov✉, 2025  
National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS),  
Moscow, 119049, Russian Federation  
✉ e-mail: mbamining.alexey1@yandex.ru

# Проявление Закона Л.А. Пучкова о минерально-энергетическом потреблении на «Дорожной карте» развития человечества

## Manifestation of the Puchkov law of mineral energy consumption on the “Road map” of human development

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-19-23>

Автор статьи анализирует связь Закона минерально-энергетического потребления населения Земли, который установил чл.-корр. РАН Л.А. Пучков, и «Дорожной карты развития человечества», построенной профессором В.П. Пономаревым. Эти независимые пионерные исследования выполнены в разное время и для разных целей, а апробированы в Центре РПКОЛ НИТУ МИСИС. Их объединяет конечный результат в виде метода определения условий устойчивого развития экономических систем.

**Ключевые слова:** горный бизнес, устойчивое экономическое развитие, индикация предкризисной ситуации экономики, натурально-стоимостной анализ.

**Для цитирования:** Пучков А.Л. Проявление закона Л.А. Пучкова о минерально-энергетическом потреблении на «Дорожной карте» развития человечества // Уголь. 2025;(4):19-23. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-19-23.

### ПУЧКОВ А.Л.

Канд. экон. наук, доцент,  
директор Центра развития  
передовых компетенций  
отраслевых лидеров НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: mbamining.alexey1@yandex.ru

### Abstract

The author of the article analyzes the connections between the Law of Mineral and Energy Consumption of the Earth's Population, which was discovered by RAC Corresponding Member L.A. Puchkov, and the “Road Map” for Human Development, which was built by Professor V.P. Ponomarev. These independent pioneering studies were carried out at different times, and for different purposes, and were testing at the RPKOL Center of NUST MISIS. They are united by the final result in the form of a method for determining the conditions for the sustainable development of economic systems.

### Keywords

Mining business, sustainable economic development, indication of the pre-crisis economic situation, natural value analysis.

### For citation

Puchkov A.L. Manifestation of the Puchkov law of mineral energy consumption on the “Road map” of human development. *Ugol'*. 2025;(4):19-23. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-19-23.

### ЗАКОН Л.А. ПУЧКОВА О БАЛАНСЕ МИНЕРАЛЬНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ

Лев Александрович Пучков – советский и российский ученый, горный инженер, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, ректор (1987-2007 гг.) и пре-

зидент (2007-2012 гг.) Московского горного университета (МГУ). Лев Александрович работал в нескольких областях горной науки, связанных с обеспечением аэрологической и экологической безопасности шахт и рудников. Он вошел в анналы истории горной науки как автор интегрированных схем подземной добычи угля и руды, ряда разделов рудничной аэрогазодинамики, методов обеспечения метанобезопасности угольных шахт и схем проветривания глубоких рудников [1].

Он был творческой личностью, пламенным патриотом России и не мог не думать о ее судьбе в глоболизирующемся, турбулентном мире конца XX – начала XXI веков.

При этом он с подозрением относился к экономическим наукам, которые, по его мнению, сами того не замечая, используют математически точные объективные законы природы в своих приблизительных субъективных расчетах и схемах. Именно это подвигло его научные интересы в последние годы жизни к изучению естественных закономерностей развития минерально-энергетического потребления в контексте развития цивилизации Земли.

Проведение комплексных исследований по этому направлению осуществлялось в созданном им Центре стратегических исследований Московского государственного горного университета под его руководством совместно с его учениками: доктором техн. наук Н.О. Калединой, доктором техн. наук С.С. Кобылкиным и другими специалистами. В результате системной обработки данных мировой статистики по добыче и потреблению первичных минеральных энергетических ресурсов был установлен закон о постоянстве удельного потребления энергии на душу населения (рис. 1).

При этом было установлено, что во время фактического превышения расчетных значений среднечеловеческого минерально-энергетического потребления мировая экономика находилась в кризисном состоянии (рис. 2, позиции C1, C2, C3).

На основании этих фактов, которые сопровождали практически все кризисы мировой экономики начиная с 1980 г., авторы исследования делают вывод, что эти совпадения не случайны, а являются проявлением объективного закона природы мирового общественно-экономического развития. Поэтому необходимо ограничивать минерально-энергетическое потребление (далее – МЭП) человечества [2].

Более детально этот феномен Лев Александрович обосновал в своем развернутом видео-докладе [3]. Таким образом, закон Л.А. Пучкова гласит: «Зона устойчивого развития мировой экономики сверху ограничена линией нормативного потребления минерально-энергетических ресурсов. При этом среднечеловеческой норматив равен 1,91 т.у.т. на человека в год. Разные национальные экономики могут существенно отклоняться от этого норматива в ту или иную сторону. Но совокупное потребление мировой экономики не может превышать этот норматив без того, чтобы не попасть в зону кризисного функционирования».

Рассмотрим закон Л.А. Пучкова в контексте глобального исторического процесса становления экологической экономики. Посмотрим на эту проблему глазами известных экономистов-экологов, автора докладов Римского Клуба «О пределах экономического роста» Денниса Ме-

доуза [4, 5] и автора теории «Экологическая экономика» Роберта Констанцы [6, 7]. Эти авторы предвосхитили и во многом стимулировали появление программы ООН «Цели устойчивого развития», которая принята Генеральной Ассамблеей ООН в 2015 г. [8].

Главный вывод доклада Медоуза состоит в утверждении, что «красная черта» предельного роста мировой экономики в связи с исчерпанием природных ресурсов человечеством уже пройдена в окрестностях 1980-х годов. Но она пройдена незаметно для людей, которые постепенно начинают ощущать негативные последствия этого фатального события в виде потепления климата, сокращения видового разнообразия, загрязнения мирового океана и других локальных последствий, которые еще не кажутся людям необратимыми.

Исследования Роберта Констанцы как раз и доказывают их необратимость. Роберт Констанца и его соавторы по комплексному экологическому исследованию рассчитали глобальные затраты на ликвидацию последствий от хозяйственной деятельности людей. Оказалось, что эти затраты в более чем втрое превышают суммарный ВВП всех стран за период развития человеческой цивилизации. А это значит, что человечество никогда не восстановит девственную природу Земли. Теперь ее судьба зависит от того, сможет ли человечество хоть как-то, искусственным путем, поправить воспроизводство живой природы

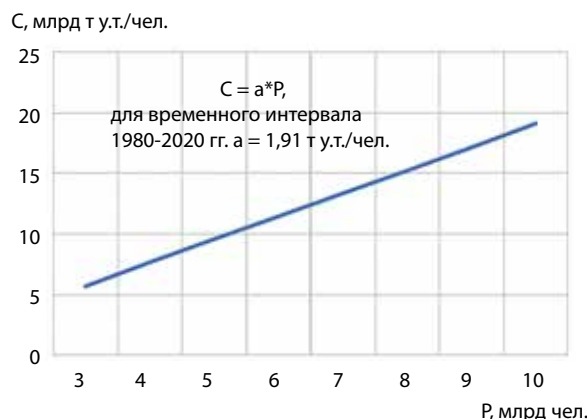


Рис. 1. Закон минерально-энергетического потребления  
Fig. 1. Law of mineral and energy consumption

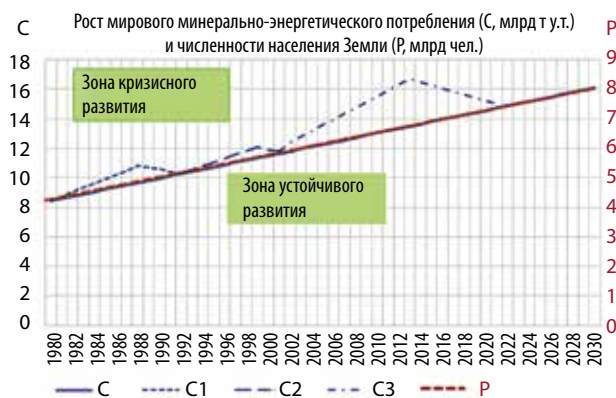


Рис. 2. Зоны кризисного состояния мировой экономики  
Fig. 2. Crisis zones of the world economy



планеты, антропная среда которой соответствовала бы условиям существования человека.

Эти идеи, наряду с идеями ликвидации голода, нищеты, продовольственной и экзистенциальной безопасности, ООН объединила в семнадцати глобальных проектах под общим названием «Цели Устойчивого Развития» (ЦУР-17) [8]. Достижение намеченных в ЦУР-17 целей приурочено к 2030 г. Но выполнение этих программ из-за нарастающей стагнации стран Запада и непрекращающихся локальных межцивилизационных войн представляется нереальным. Природа опять оказалась крайней в цепочке проблем выживания и развития алчного человечества. И, тем не менее, прогрессивное развитие человечества продолжается, несмотря на сопротивление Западного однополярного мира.

**ГЛАВНАЯ ЦЕЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

«Когда мы анализируем долговременную статистику по динамике развития мировой экономики, то создается впечатление, что кто-то регулирует этот процесс в соответствии со своей намеченной целью. Но кто это делает, и какую цель он преследует, сегодня никто не знает», – так поведал слушателям свое впечатление об исследованиях мирового энергопотребления профессор Л.А. Пучков по ходу своего доклада.

Эту мысль высказывали, высказывают и будут высказывать многие практики и теоретики геоэкономики и геополитики.

Так, Президент России В.В. Путин многократно высказывался об объективности проявления экономических законов, которые нарушать «контрпродуктивно». Также говорили Адам Смит, Карл Маркс и практически все классики экономической теории, которые именно это свойство саморегулирующейся экономики принимали за основной постулат при построении своих научных экономических систем.

По-видимому, нравственный закон Канта, который сидит внутри каждого человека и который имел в виду Адам Смит, строя свою концепцию «невидимой руки» рынка, подсознательно, а иногда и осознанно, руководит выбором поведения каждого субъекта экономических отношений. А дальше работает статистический закон больших чисел, который и фиксирует мировая статистика.

Независимо от упомянутых авторов, профессор В.П. Пономарев разработал вариант нового геоэкономического анализа, который назвал «Антропологическая политэко-

номия» [9]. На базе этой теории он построил гамма-шкалу экономического развития, которая приведена в табл. 1 [10].

Эта гамма-шкала легла в основу построения концепции «Дорожная карта» развития человечества, которая приведена на рис. 3.

В качестве цели мы выбираем достижение глобального и стабильного мира при гармоничном развитии человека и живой природы Земли.

Главный практический результат этих специфических исследований, которые носят в основном академический политэкономический характер, заключается в том, что появляется ясность в логике современных судьбоносных событий, которые происходят в мировой экономике и кажутся турбулентными и лишены всякого смысла для субъектов, ориентированных на сиюминутные эгоистические интересы.

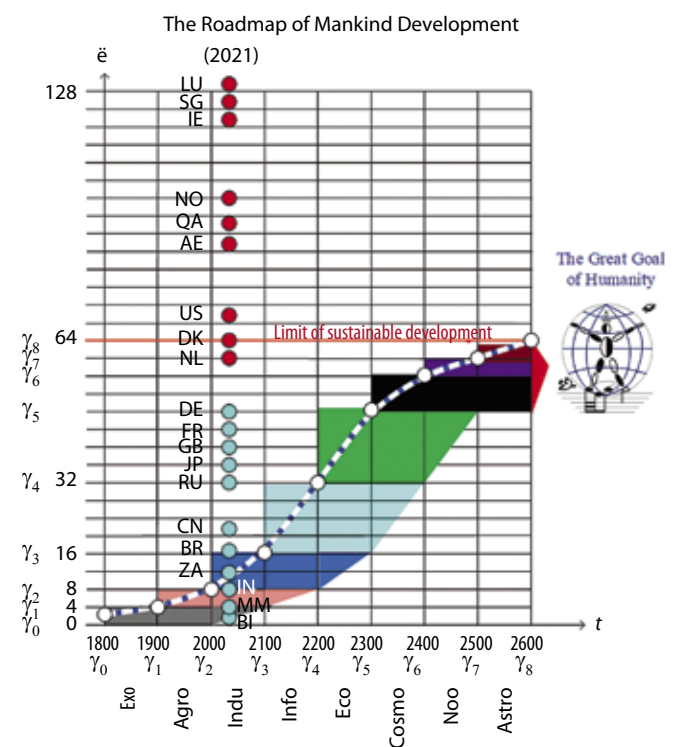


Рис. 3. Магистральный путь человечества (ДКРЧ)

Fig. 3. The main track of mankind (DKRCh)

Таблица 1

**Гамма-шкала экономического развития В.П. Пономарева**

Gamma scale of economic development by V.P. Ponomarev

Ментальность субъектов	ВВП на душу населения (ppp, 2020)	Гамма-уровень социально-экономического развития																	
		Экзогенный		Аграрный		Индустриальный		Информационный		Экологический		Космический		Ноосферный		Астральный			
		$\gamma_0$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$\gamma_5$	$\gamma_6$	$\gamma_7$										
$\alpha$	В 1000 USD	до 4	8	32	16	64	128	256	512	1024	2048+	Astro	Exo	Agro	Indu	Info	Eco	Cosmo	Noo
	$\gamma_0$																		
$\omega$	В 1000 USD	до 4	8	32	16	64	128	256	512	1024	2048+	Astro	Exo	Agro	Indu	Info	Eco	Cosmo	Noo
	В 1000 CNY																		

Источник: Данные Всемирного банка в интерпретации автора.

Примечание к табл. 1:  $\alpha$  – ментальность субъектов, отдающих приоритет чистым рыночным отношениям *tuna laissez faire* (стиль стран Западной цивилизации);  $\omega$  – ментальность субъектов, отдающих приоритет регулированию экономики (стиль стран не западных цивилизаций).

Но их немного, всего около 18% от общей численности населения Земли. Они обогнали ход исторического процесса развития человечества на сотни лет, используя при этом грабительское перераспределение природного сырья и произведенной готовой продукции. Ограбленными и отброшенными на сотни лет назад оказались чрезвычайно бедные страны Африки, Азии и Латинской Америки. Отчаявшееся население этих стран часто идет на массовые международные преступления, формируя под руководством западных кураторов религиозные экстремистские организации и акции международного террора. Ликвидировать террористические организации человечество может лишь одним способом, – сделать бедные нации самодостаточными в экономическом развитии, ликвидировать голод и нищету и достичь другие цели, продекларированные в ЦУР-17 ООН. Но однополярный мир никогда не справится с этой задачей по определению. Вот почему для большинства населения Земли (более 80%) многополярный мир представляется единственной возможностью выживания и будущего глобального процветания.

Природа экономических отношений развивается по своим неумолимым законам, и Западный мир, не желая того, сам попал в ловушку иррационального финансово-экономического мышления, когда расчеты и ожидания субъектов не соответствуют процессам реальной экономики. Западная экономическая наука, включая финансовый менеджмент и методы ведения бизнеса, оказалась в глубоком кризисе. Теперь уже нельзя напрямую использовать их теорию и учебники для обучения бизнесменов многополярного мира. Необходимо переосмыслить весь арсенал накопленных знаний по экономической теории и менеджменту.

Именно об этом говорил Л.А. Пучков, когда утверждал, что недопустимо превышать объективно сложившиеся среднедушевые нормы мирового производства и потребления минерально-энергетических ресурсов в угоду достижения эгоистических финансово-экономических целей.

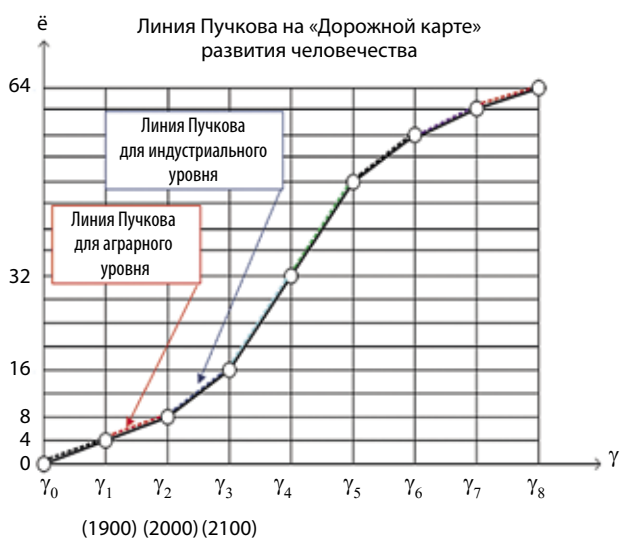


Рис. 4. Гипотеза соответствия линий Пучкова сегментам «Дорожной карты» геоэкономики

Fig. 4. Hypothesis of correspondence of the Puchkov lines to the segments of the geoeconomic "road map"

Та же мысль в терминах теории Антропологической политэкономии, которую разрабатывает проф. В.П. Пономарев, звучит так: «Экономика стран, существенно оторвавшихся от магистрального пути развития мировой экономики, то есть выходящих за линию устойчивого развития, попадает в кризисную зону» (см. рис. 3).

**ГИПОТЕЗА СООТВЕТСТВИЯ ЛИНИЙ Л.А. ПУЧКОВА СЕГМЕНТАМ «ДОРОЖНОЙ КАРТЫ» ГЕОЭКОНОМИКИ**

Наблюдается весьма примечательная связь закона Л.А. Пучкова и «Дорожной карты развития человечества» (ДКРЧ) В.П. Пономарева (рис. 4).

Как оказалось, при более углубленном анализе, ДКРЧ состоит из прямолинейных отрезков столетних траекторий мировой системы, соединенных в непрерывную S-образную интегральную траекторию. При этом столетние отрезки являются не чем иным, как вариациями «Линий Пучкова» на разных этапах развития Земной цивилизации.

Полученные нами новые закономерности и идеи, естественно, требуют дальнейшего развития и более фундаментального обоснования. Это еще гипотезы, которые должны стать экономическими законами. Но они уже сейчас оказываются полезными для слушателей бизнес-программ НИТУ МИСИС, а также других вузов тем, что дают простор для поиска новых инновационных технологических решений [11, 12, 13, 14], соответствующих ЦУР ООН.

Для большей убедительности этих слов докажем выдвинутую автором данной статьи гипотезу.

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ГИПОТЕЗЫ**

Определим соответствие нормативных линий минерально-энергетического потребления Л.А. Пучкова (Y)/[C] и сегментов «Дорожной карты» профессора В.П. Пономарева ([Y]/P). Для доказательства пропорциональных соотношений между этими величинами воспользуемся законом Пучкова, гамма-шкалой Пономарева и статистикой ООН по численности населения Земли (табл. 2).

При построении графика, приведенного на рис. 5, видим, что обе ломаные линии: нормативной динамики ВВП на душу населения (ë) и нормативной энергоотдачи (Y)/[C] практически совпадают. Отсутствие точного совпадения связано с ошибками статистического учета показателей (не более ± 5%).

Таким образом, гипотеза совпадения линий Пучкова и сегментов траектории «Дорожной карты» Пономарева доказана.

Таблица 2

**Расчет нормативных значений энергоотдачи по ВВП, (Y)/[C]**

Calculation of normative values of the energy-conversion efficiency by GDP, ([Y]/[C])

Гамма-ранг		γ₀	γ₁	γ₂	γ₃	γ₄
Опорный год		1800	1875	1950	2025	2100
Дано	ë	4	8	16	32	64
	P	1	1,325	2,556	8,2	8,4
Расчет	[Y] = ë*P	4	10,6	40,896	262,4	537,6
	[C] = 1,91*P	1,91	2,53	4,88	15,66	16,04
	[Y]/[C]	2	4	8	17	34



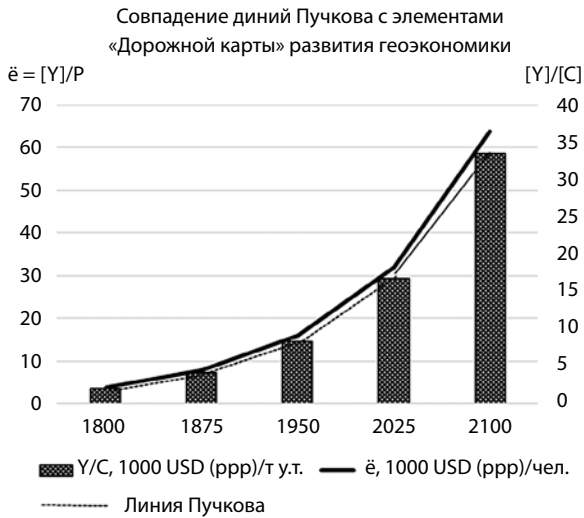


Рис. 5. Доказательство гипотезы соответствия линий Пучкова сегментам «Дорожной карты» геоэкономики

Fig. 5. Proof of the hypothesis of correspondence of the Puchkov lines to the segments of the geoeconomic "road map"

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученная закономерность соответствия пропорций между границами допустимых значений мирового минерально-энергетического потребления в виде линий Л.А. Пучкова и линейных сегментов этапов экономического развития мировой экономики, фиксированных на «Дорожной карте» эволюции геоэкономики В.П. Пономарева, является важной характеристикой для построения стратегий крупных международных бизнес-проектов. Эти фундаментальные соотношения являются основой для построения методологии бизнес-планирования для формирования среды устойчивого развития в условиях устойчивого развития мировой экономики и эффективно инвестирования в инфраструктурные объекты.

## Список литературы • References

1. Пучков Лев Александрович. ВИКИПЕДИЯ, <https://ru.wikipedia.org>.
2. Пучков Л.А., Каледина Н.О., Кобылкин С.С. Естественнаучный анализ рисков развития кризисных процессов // Горный журнал. 2015. № 5. С. 4-7. DOI: 10.17580/gzh.2015.05.01.  
Puchkov L.A., Kaledina N.O., Kobylkin S.S. Natural science-based analysis of risk of recession. *Gornyj zhurnal*. 2015;(5):4-7. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2015.05.01.
3. Пучков Л.А. Минерально-энергетическое потребление и мировая экономика. Доклад на форуме «Неделя горняка» в МГГУ, 28.01.2014. Первый геологический канал. <https://yandex.ru/video/preview>.
4. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Беренс В. III. Пределы роста. Архивная копия от 2 февраля 2017 на Wayback Machine. М.: Изд-во МГУ, 1991. 208 с.
5. Медоуз Д.Х., Рандерс Й., Медоуз Д.Л. Пределы роста. 30 лет спустя = Limits to growth. The 30-year update. М.: Академкнига, 2007. 342 с.
6. Constanza Robert (1991). Экологическая экономика: Наука об устойчивом развитии и управлении им. Google Books: Издательство Колумбийского университета, 1992.
7. Constanza Robert. *Frontiers in Ecological Economics: Transdisciplinary Essays* by Robert Costanza / E. Elgar, 1997 – California Universities' 491 sayfa.

8. Global Goals for Sustainable Development. Video by the United Nations Development Programmer (UNDP).
9. Пономарев Владимир Петрович. Антропологическая политэкономия: концепция теории саморазвития. Саарбрюкен: LAP, 2013.
10. Пономарев В.П. Полиморфная гамма-шкала экономического развития // Экономические стратегии. 2022. № 1(181). С. 106-111. DOI: <https://doi.org/10.33917/es-1.181.2022.106-111>.  
Ponomarev V.P. A polymorphic gamma scale of economic development. *Ekonomicheskie strategii*. 2022;1(181):106-111. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33917/es-1.181.2022.106-111>.
11. Гончаренко С.Н., Яхеев В.В. Компьютерное моделирование корпоративной системы информационной безопасности геоинформационных технологий промышленного предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 2. С. 81-96. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-2-0-81.  
Goncharenko S.N., Yakheev V.V. Computer modeling of corporate information security of geoinformation technologies at industrial facilities. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(2):81-96. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-2-0-81.
12. Гончаренко С.Н., Лачихина А.Б. Мониторинг инцидентов безопасности геоинформационной системы управления и контроля деятельности промышленного предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 3. С. 108-116. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-3-0-108.  
Goncharenko S.N., Lachihina A.B. Monitoring of geoinformation system security incidents in performance supervision and management in industry. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(3):108-116. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-3-0-108.
13. Гончаренко С.Н., Лачихина А.Б. Построение модели горно-геологической информационной системы промышленного предприятия в защищенном исполнении // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 6. С. 39-55. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-6-0-39.  
Goncharenko S.N., Lachihina A.B. Modeling protected geological and geotechnical information system in mining industry. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;(6):39-55. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2023-6-0-39.
14. Goncharenko S.N., Ivakhnenko A.M. Optimization of Ore Concentrate Transportation Indicators of a Mining Enterprise Based on a Logistic Analysis of Alternative Options for Organizing a Transportation System. 2022 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex, TIRVED 2022 – Conference Proceedings, 2022.

## Authors Information

**Puchkov A.L.** – PhD (Economic), Associate Professor, Director of the Center for the Development of Advanced Competencies of Industry Leaders at National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation

## Информация о статье

Поступила в редакцию: 24.12.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

## Paper info

Received December 24, 2024

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

УДК 338.32 © Е.С. Матерова<sup>1</sup>, Ж.А. Аксенова<sup>2</sup>, С.Н. Пастернак<sup>2</sup>,  
С.А. Жиронкин<sup>3,4</sup>, Э.Р. Байкова<sup>5</sup>, Р.Р. Шарафуллина<sup>5</sup>, 2025

UDC 338.32 © E.S. Materova<sup>1</sup>, Zh.A. Aksenova<sup>2</sup>, S.N. Pasternak<sup>2</sup>,  
S.A. Zhironkin<sup>3,4</sup>, E.R. Baykova<sup>5</sup>, R.R. Sharafullina<sup>5</sup>, 2025

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», 443090, г. Самара, Россия

<sup>1</sup> Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», 199106, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Saint Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, 199106, Russian Federation

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия

<sup>3</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>4</sup> ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 660041, г. Красноярск, Россия

<sup>4</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», 450076, г. Уфа, Россия

<sup>5</sup> Ufa University of Science and Technology, Ufa, 450076, Russian Federation

✉ e-mail: nedlen63@yandex.ru

✉ e-mail: nedlen63@yandex.ru

# Влияние показателей угольной промышленности на экономический рост российской экономики

## The impact of coal industry indicators on the economic growth of the Russian economy

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-24-30>

### МАТЕРОВА Е.С.

Канд. экон. наук, доцент,  
доцент кафедры экономической теории  
ФГАОУ ВО «Самарский государственный  
экономический университет»,  
443090, г. Самара, Россия,  
e-mail: nedlen63@yandex.ru

### АКСЕНОВА Ж.А.

Канд. экон. наук, доцент,  
доцент кафедры отраслевой экономики  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный  
университет императрицы Екатерины II»,  
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: akseiv@rambler.ru

### ПАСТЕРНАК С.Н.

Канд. юр. наук, доцент  
кафедры отраслевой экономики  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный  
университет императрицы Екатерины II»,  
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: snpaster@mail.ru

В статье анализируется влияние угледобывающего сектора на экономический рост России и его значение для развития национального хозяйства. Цель исследования – выявить влияние показателей угольной промышленности на экономический рост российской экономики. В эпоху стремления к экологически чистой энергетике важно не забывать о значительном влиянии угольного сектора на социальную сферу и инфраструктуру несмотря на то, что мировая энергетика постепенно отходит от использования угля как главного энергоресурса. Чтобы избежать экономических проблем и социальных волнений при переходе к новым источникам энергии, критически важно разработать эффективные механизмы поддержки угольной промышленности и обеспечить плавную трансформацию отрасли. Россия заняла прочные позиции среди ведущих мировых производителей угля. Исследование взаимосвязи экономического развития государства и состояния его угледобывающего сектора позволило определить ключевое функциональное значение этой отрасли в общей экономической системе. В связи с трансформацией глобального энергетического рынка произошло снижение спроса на уголь, что привело к уменьшению его извлечения из недр и потребления. В последние годы российская промышленность делает ставку на модернизацию энергетического комплекса. Внедряются инновационные методы извлечения угольных ресурсов, позволяющие снизить вредное воздействие на окружающую среду, а добывающий сектор топливной индустрии становится приоритетным направлением экономического развития страны.

**Ключевые слова:** производственные мощности, российская экономика, угледобывающая промышленность, устойчивое развитие, экономический рост.

**Для цитирования:** Влияние показателей угольной промышленности на экономический рост российской экономики / Е.С. Матерова, Ж.А. Аксенова, С.Н. Пастернак и др. // Уголь. 2025;(4):24-30. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-24-30.

### Abstract

*This research examines how economic growth in Russia is influenced by performance metrics from its coal sector. The investigation analyzes the coal industry's economic significance and its contribution to Russia's overall development as a key functional component. Despite the global shift towards renewable energy alternatives, coal remains the world's dominant energy source, making it crucial to evaluate how the coal sector impacts society and infrastructure. The transition to future energy sources requires careful management to minimize socioeconomic disruption, with particular emphasis on coal sector assistance and adoption of proven transformation strategies. Based on the analysis of the relationship between the level of development of the coal industry and the level of economic development, the functional role of the coal industry sector is shown. Currently, the position of the Russian Federation is firmly established as one of the world leaders in coal production. However, recently there has been a tendency to reduce the volume of coal use and production, due to changes in the international fuel and energy sector market. At the present stage of development of the Russian economy, more and more attention is being paid to the effective development of extractive industries in the fuel and energy sector of the industry. The industry is being reformed through the introduction of new coal mining technologies aimed at minimizing the negative production effect.*

### Keywords

*Production capacity, Russian economy, coal mining industry, sustainable development, economic growth.*

### For citation

Materova E.S., Aksenova Zh.A., Pasternak S.N., Zhironkin S.A., Baykova E.R., Sharafullina R.R. The impact of coal industry indicators on the economic growth of the Russian economy. *Ugol'*. 2025;(4):24-30. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-24-30.

### ЖИРОНКИН С.А.

Доктор экон. наук, профессор,  
профессор кафедры открытых горных работ  
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный  
технический университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
доктор экон. наук, профессор,  
профессор кафедры торгового дела  
и маркетинга ФГАУ ВО «Сибирский  
федеральный университет»,  
660041, г. Красноярск, Россия,  
e-mail: zhironkin@inbox.ru

### БАЙКОВА Э.Р.

Канд. экон. наук, доцент кафедры  
экономической теории  
и регионального развития  
Института экономики, управления  
и бизнеса ФГБОУ ВО «Уфимский  
университет науки и технологий»,  
450076, г. Уфа, Россия,  
e-mail: baykova-oet@yandex.ru

### ШАРАФУЛЛИНА Р.Р.

Канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры  
экономической теории  
и регионального развития  
Института экономики, управления и бизнеса  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет  
науки и технологий»,  
450076, г. Уфа, Россия,  
e-mail: rozalia-23.05@yandex.ru

## ВВЕДЕНИЕ

В 2023 г. наряду с такими энергоносителями, как нефть и газ, уголь обеспечивал свыше 25% мировых энергетических потребностей. Этот ресурс играет ключевую роль в экономических системах множества государств, формируя масштабный индустриальный комплекс.

Топливо-энергетический комплекс России играет двоякую роль в государственной системе: обеспечивает как экономическую независимость страны, так и существенное пополнение федеральной казны. Именно поэтому изучение воздействия угледобывающей отрасли на экономическое развитие страны представляет особый научный интерес, учитывая пристальное внимание властей к функционированию ТЭК как стратегически важного сектора российской экономики, что показывает актуальность исследования. Ключевые стратегические документы России – Энергетическая стратегия до 2035 г. и доктрина энергобезопасности – отражают данные положения в своем содержании [1]. В 2023 г. угольная отрасль, будучи ключевым элементом ТЭК, стала предметом оживленных дебатов. И сегодня представители рынка активно обсуждают будущее этого стратегического сектора экономики, привлекающего пристальное внимание руководства страны.

Влияние угледобывающей отрасли на экологию и благополучие населения, наряду с энергетической и экономической эффективностью,



находится в центре внимания российских исследователей, анализирующих состояние этого сектора промышленности. В научной работе исследователей Ю.В. Ляндау, А.У. Темирбулатова и К.А. Аминова проанализировано влияние угледобывающей промышленности на экологическую обстановку, в частности на загрязнение воздушного бассейна вредными выбросами [2]. В своем исследовании группа ученых – Е.В. Слесаренко, О.Б. Шевелева и О.В. Зонова – изучила негативное воздействие угледобывающей промышленности на различные аспекты регионального развития. Особое внимание исследователи уделили социально-экономическим последствиям, проведя всесторонний анализ влияния вредных выбросов и добычи угля на жизнь региона [3]. Анализируя демографические показатели, включая уровень смертности, количество новорожденных и среднюю продолжительность жизни населения, исследователь Л.Г. Максимова разработала методику расчета ущерба для экологии и экономики, вызванного промышленным развитием [4]. В рамках научной работы исследователи Мешков Г.Б., Петренко И.Е., Губанов Д.А. изучили, как работа предприятий угольного сектора воздействует на благосостояние граждан и развитие региональной экономики, что отражается в показателях ВРП [5]. Комплексная оценка воздействия угледобывающего сектора на экономическое благосостояние государства требует анализа четырех ключевых категорий показателей (энергетические, экономические, социальные, экологические).

Целью данного исследования является выявление влияния показателей угольной промышленности на экономический рост российской экономики.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Анализ методических подходов к оценке влияния угольной промышленности на экономику;
2. Оценка влияния угольной промышленности на экономику России;
3. Обоснование рекомендаций по повышению влияния угольной промышленности на экономику.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Угольный сектор играет большую роль в развитии других отраслей промышленности. Например, угольная промышленность является ключевым поставщиком топлива для энергетического сектора России. Уголь является важным источником энергии для производства электроэнергии и тепла. Он используется в теплоэлектростанциях и котельных для обеспечения энергетических потребностей различных отраслей экономики и населения. Угольная промышленность России обладает значительными ресурсами угля, что обеспечивает страну независимостью в области энергетического снабжения. Она способствует стабильности энергетического сектора, обеспечивая надежное и доступное топливо для национальных энергетических систем [6].

Уголь является важным сырьем для многих отраслей промышленности, включая металлургию, химическую промышленность и строительство. Уголь используется в процессе производства стали, алюминия, цемента и других

материалов. Он является неотъемлемым компонентом для создания тепловой энергии и обеспечения термических процессов в различных производственных операциях [7].

В регионах, богатых залежами угля, добыча этого ископаемого топлива служит мощным драйвером социально-экономического развития территорий. Добыча и переработка угля создают рабочие места и способствуют развитию инфраструктуры в этих регионах. Это включает строительство дорог, железнодорожных линий, энергетических объектов и социальной инфраструктуры [4].

Исторически доля добычи угля во внутреннем валовом продукте (далее – ВВП) страны в среднем составляла скромные 0,5%. В 2021 г. доля отрасли выросла до 0,9% вследствие увеличения цен на уголь, однако данный фактор оказался временным и уже в 2022 г. произошло снижение данного показателя до 0,6% [8].

Вклад угольной отрасли в валовой региональный продукт (далее – ВРП) значителен лишь в двух регионах РФ: Кемеровская область (30,8% от ВРП) и Республика Хакасия (12,7% от ВРП). Прочие регионы в большинстве своем имеют незначительную долю угольной отрасли в ВРП, не превышающую 1,5%. Среднегодовые темпы роста за период 2012–2023 гг. составили 118,2% [9].

Резкий рост ВВП отрасли в 2021 г. объясняется улучшением внешней конъюнктуры, в первую очередь ценами на уголь.

С учетом отсутствия данных по ВВП (ВДС) по отрасли добычи угля для расчета данного показателя использовалась сумма следующих показателей: прибыль организаций; налог на прибыль; амортизация основных фондов; фонд оплаты труда; страховые взносы во внебюджетные фонды (табл. 1).

В табл. 2 отражена доля добычи угля в ВВП по виду деятельности «добыча угля».

Данные о доле ВВП по виду деятельности «добыча угля» в общем ВВП России приведены на рисунке.

Таким образом, в 2023 г. доля ВВП по виду деятельности «добыча угля» в общем ВВП России вернулась к уровню 2012 г. – 0,4%, что не имеет значимости в формировании общего ВВП России (см. рисунок).

Замедление темпов роста экономики Китая, сохранение тренда на зеленый энергетический переход в развитых экономиках, превышение предложения над спросом – все это сказалось на уровне цен. Российские угольщики после введения санкций лишились большинства привычных и маржинальных рынков.

По данным Росстата, сальдированный убыток угольных компаний в январе–октябре 2024 г. составил 84,8 млрд руб. против 403,2 млрд руб. прибыли годом ранее. За 2024 г. совокупный убыток отрасли стал более 100 млрд руб. В Кузбассе – главном угольном регионе страны – добыча в 2024 г. сократилась на 7,4%, до 198,4 млн т. Производство энергетического угля, в частности, упало на 9,5%, до 132 млн т, коксующегося – на 2,8%, до 66,4 млн т [5].

В условиях жесткой международной конкуренции и низких мировых цен на уголь российские угледобывающие предприятия сталкиваются с серьезными вызовами. Ситуацию осложняют значительные скидки на отечественное сырье по сравнению с глобальными ориентирами, а также

## Динамика данных по добыче угля в разрезе регионов за 2012-2023 гг., млрд руб.

Dynamics of data on coal production by regions for 2012-2023, bln. RUR

Регионы	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Кемеровская область – Кузбасс	152,6	160,4	190,7	211,5	248,6	377,0	449,6	289,2	196,1	711,0	421,5	310,9
Республика Саха (Якутия)	12,9	20,1	25,4	29,8	39,3	48,2	51,1	52,0	40,7	141,5	110,5	90,7
Новосибирская область	9,1	9,5	9,9	10,6	10,4	23,7	45,4	38,2	27,6	64,3	50,1	47,3
Сахалинская область	7,7	8,1	8,5	9,0	8,0	16,5	31,6	31,6	37,6	58,0	51,4	54,2
Республика Хакасия	11,3	15,9	16,7	18,2	19,3	21,9	34,8	31,8	31,8	45,4	40,7	35,6
Республика Коми	10,9	15,4	17,5	20,4	17,5	20,6	22,2	25,9	17,2	31,9	27,4	21,7
Забайкальский край	9,8	10,9	13,7	14,5	20,2	24,6	27,8	21,9	21,2	23,5	20,1	16,3
Хабаровский край	3,3	4,2	5,0	5,2	6,1	8,8	12,0	8,4	9,8	21,4	18,7	11,7
Красноярский край	11,6	12,8	14,6	15,9	18,7	15,7	17,2	18,0	16,0	19,4	10,9	8,7
Иркутская область	4,7	5,0	5,8	6,1	6,9	7,9	8,4	10,4	15,2	18,3	11,7	9,8
Ростовская область	6,3	7,7	8,1	8,7	7,2	11,6	11,9	12,7	10,4	15,1	12,6	10,7
Республика Бурятия	0,5	0,9	1,0	1,7	2,1	1,7	5,8	6,8	9,3	11,5	10,7	9,6
Приморский край	2,6	3,4	3,9	4,0	4,8	4,1	5,1	5,1	5,7	6,1	5,5	4,7
Амурская область	0,4	0,6	1,1	1,9	1,9	1,6	1,7	1,9	2,8	3,8	3,0	3,0
Чукотский автономный округ	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,3	1,6	3,0	2,2	2,0
Рязанская область	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	1,2	1,0	0,6
Республика Тыва	0,5	0,8	1,1	1,4	3,0	4,5	6,2	6,2	1,6	1,0	0,7	0,3
ВВП по виду деятельности «добыча угля»	244,6	276,1	323,4	359,3	414,4	588,8	731,2	561,4	444,6	1176,4	868,7	637,8
ВВП России, млрд руб.	68103,4	72985,7	79030,0	83087,4	85616,1	91843,2	103861,7	109608,3	107658,1	135773,8	155188,9	172148,3

Источник: Составлено авторами на основе [10].

проблемы с транспортировкой внутри страны. Несмотря на введенные санкционные ограничения, отрасль продолжает функционировать, хотя и не может полностью реализовать свои возможности [3]. Тем не менее риски банкротства угледобывающих предприятий возрастают [12], оказывая негативное влияние на обеспечение экономической безопасности страны [13].

В 2020 г. Правительство России приняло стратегический план по развитию угледобывающего сектора. Документ предусматривает два возможных варианта развития событий к 2035 г. При благоприятных условиях объемы добычи могут достичь 668 млн т, тогда как менее оптимистичный прогноз предполагает показатель в 485 млн т. В обоих случаях ключевая роль отводится экспорту – большая часть добытого угля будет поставляться за рубеж [14].

При разработке документа в 2020 г. основной акцент делался на азиатское направление экспорта угля, учитывая перспективы роста металлургического производства и угольной энергетики в этом регионе. Стратегия предполагала снижение зависимости от европейского рынка при одновременном расширении географии поставок в другие страны мира. Такой подход оказался дальновидным, поскольку изначально закладывал потенциал увеличения экспорта российского угля практически во все регионы, кроме Европы.

Правительственные прогнозы указывают на несколько ключевых факторов увеличения объемов добываемого угля. В первую очередь планируется модернизировать существующие добывающие мощности. Параллельно будут осваиваться новые месторождения с созданием на их базе современных добывающих комплексов. Кроме того, намечено устранение транспортных барьеров, препятствующих поставкам угольной продукции как внутри страны, так и за рубеж [15].

В 2023 г. угледобывающая отрасль России продемонстрировала отрицательную динамику – производство сократилось на 5,6 млн т, составив 438 млн т против 443,6 млн т годом ранее. Такое падение на 1,26% во многом обусловлено давлением внешних ограничений, которые продолжают корректировать прогнозные значения во всех секторах российской экономики.

В период восстановления после экономического спада, вызванного пандемией, производственные показатели отрасли в 2021 г. достигли отметки в 439,5 млн т. Аналогичный объем добычи был зафиксирован и в минувшем году, что свидетельствует о стабилизации производства на постпандемийном уровне. По итогам минувшего года значительно изменилась география поставок российского угля, при этом существенно – на 46%, увеличилась доля экспорта в государства БРИКС. В целом

**Доля добычи угля в ВВП по виду деятельности «добыча угля» за 2012-2023 гг., %**  
 The share of coal production in the GDP by the “coal mining” type of activity for 2012-2023, %

Регионы	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Кемеровская область – Кузбасс	62,4	58,1	59,0	58,9	60,0	64,0	61,5	51,5	44,1	60,4	56,6	48,7
Республика Саха (Якутия)	5,3	7,3	7,9	8,3	9,5	8,2	7,0	9,3	9,2	12,0	12,7	14,2
Новосибирская область	3,7	3,4	3,1	3,0	2,5	4,0	6,2	6,8	6,2	5,5	5,8	7,4
Сахалинская область	3,1	2,9	2,6	2,5	1,9	2,8	4,3	5,6	8,5	4,9	5,9	8,5
Республика Хакасия	4,6	5,8	5,2	5,1	4,7	3,7	4,8	5,7	7,2	3,9	4,7	5,6
Республика Коми	4,5	5,6	5,4	5,7	4,2	3,5	3,0	4,6	3,9	2,7	3,2	3,4
Забайкальский край	4,0	3,9	4,2	4,0	4,9	4,2	3,8	3,9	4,8	2,0	2,3	2,6
Хабаровский край	1,3	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5	2,2	1,8	2,2	1,8
Красноярский край	4,7	4,6	4,5	4,4	4,5	2,7	2,4	3,2	3,6	1,6	1,3	1,4
Иркутская область	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,3	1,1	1,9	3,4	1,6	1,3	1,5
Ростовская область	2,6	2,8	2,5	2,4	1,7	2,0	1,6	2,3	2,3	1,3	1,5	1,7
Республика Бурятия	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,8	1,2	2,1	1,0	1,2	1,5
Приморский край	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	0,7	0,7	0,9	1,3	0,5	0,6	0,7
Амурская область	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	0,3	0,2	0,3	0,6	0,3	0,3	0,5
Чукотский автономный округ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3
Рязанская область	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Республика Тыва	0,2	0,3	0,3	0,4	0,7	0,8	0,8	1,1	0,4	0,1	0,1	0,0
ВВП по виду деятельности «добыча угля»	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Доля ВВП по виду деятельности «добыча угля» в общем ВВП России	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,5	0,4	0,9	0,6	0,4

Источник: Составлено авторами на основе [11].



Доля ВВП по виду деятельности «добыча угля» в общем ВВП России за 2012-2023 гг., % (составлено авторами)  
 The share of the GDP by the “coal mining” type of activity in the total GDP of the Russian Federation for 2012-2023, %

объемы зарубежных продаж этого энергоресурса показали небольшой рост: если в 2022 г. было экспортировано 210,9 млн т, то в 2023 г. показатель достиг 213 млн т, продемонстрировав увеличение на 1% [16].

**ОБСУЖДЕНИЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ**

В мировом рейтинге добычи угля Российская Федерация входит в первую десятку стран, располагаясь на шестой позиции. Лидирующие места в этой отрасли удерживают такие государства, как КНР, Республика Индия, Индонезия, Соединенные Штаты и Австралийский Союз. При этом РФ остается одним из ключевых игроков на международном

рынке угольной промышленности, активно развивая как добычу, так и экспорт этого ископаемого топлива (на долю России приходится 4,8% объема мировой угледобычи). В рейтинге стран – экспортеров угольной продукции Российская Федерация удерживает бронзовую позицию, уступая только двум государствам – лидеру рынка Индонезии и серебряному призеру – Австралии. На мировой арене торговли углем российские поставки формируют примерно шестую часть всего международного экспорта этого ископаемого топлива [5].

Основные потребители угля на внутреннем рынке – это электростанции и коксохимические заводы. Из угледо-



бывающих регионов самым крупным производителем и поставщиком угля является Кузнецкий бассейн – в I полугодии 2024 г. здесь добыто около половины (47,2%) всего угля в стране, а также более половины (54,9%) углей коксующихся марок [17].

В 2024 г. угольный сектор столкнулся с существенным снижением финансовых результатов, что обусловлено тремя ключевыми факторами:

– крупнейшие импортеры – Индия и КНР – сократили объемы закупок, что привело к падению потребительского спроса;

– на ключевых зарубежных площадках наблюдается слабая покупательская активность, что привело к снижению стоимости вывозимых товаров;

– логистические трудности. Тарифная политика терминала ОТЭКО в Тамани претерпела существенные изменения в текущем году. Если изначально стоимость перевалки угля взлетела до 42 дол. США при стандартной ставке 24,5 дол. США, что привело к приостановке работы угледобывающих предприятий, то к середине апреля ситуация кардинально изменилась. Терминал пересмотрел расценки, установив новый тариф в размере 18 дол. США за 1 т, что возобновило грузооборот в порту.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Угольная отрасль, являющаяся ключевым историческим сектором экономики России и основой хозяйственной деятельности Кузбасса, сейчас переживает значительные изменения. Это связано с беспрецедентными вызовами в мировой экономике, растущей непредсказуемостью рыночной конъюнктуры и появлением новых экономических угроз. Традиционная промышленность вынуждена адаптироваться к постоянным внешним потрясениям на фоне глубокой перестройки международных экономических отношений и трансформации устоявшихся макроэкономических процессов. Производственные мощности и рыночная конъюнктура в тесной взаимосвязи с доступными ресурсами формируют ключевые пропорции, от которых зависит стабильное функционирование предприятий угледобывающего сектора [6].

Развитие транспортной инфраструктуры на востоке страны и создание специализированных судов для перевозки насыпных грузов могут оказать положительное влияние на российский угольный сектор. Впрочем, для воплощения этих масштабных планов понадобятся существенные инвестиции и продолжительное время.

Таким образом, угольная промышленность в России имеет перспективы дальнейшего развития и роста. С учетом обширных угольных ресурсов страны, растущего внутреннего и международного спроса на уголь и постоянного совершенствования технологий угольная промышленность России может продолжать играть важную роль в экономике.

### Список литературы • References

1. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р (ред. от 21.10.2024) «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года». Российская газета. 2024. № 1046.
2. Glukhov V., Shchepinin V., Lyubek Y., Babkin I., Karimov D. Assessment of the Impact of Services and Digitalization Level on the Infrastructure Development in Oil and Gas Regions. *International Journal of Technology*. 2023;14(8):1810-1820. DOI: 10.14716/ijtech.v14i8.6855.
3. Зоннова О.В., Шевелева О.Б., Слесаренко Е.В. Тренды развития угольной отрасли в условиях внешних шоков // Уголь. 2023. № 2. С. 26-30. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-2-26-30. Zonova O.V., Sheveleva O.B., Slesarenko E.V. Trends in the development of the coal industry in the face of external shocks. *Ugol'*. 2023;(2):26-30. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-2-26-30.
4. Максимова Л.Г. Значение угольной промышленности в хозяйстве России / Географическая наука, туризм и образование: современные проблемы и перспективы развития: Материалы международной научно-практической конференции. Посвящается памяти и 80-летию юбилею доктора педагогических наук, президента НГПУ Петра Вольдемаровича Лепина, Году педагога и наставника, десятилетия науки и технологий, Новосибирск, 23 марта 2023 года. Новосибирск: Новосибирский государственный педагогический университет, 2023. С. 49-54.
5. Мешков Г.В., Петренко И.Е., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-июнь 2024 года // Уголь. 2024. № 9. С. 5-16. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-9-5-16. Meshkov G.B., Petrenko I.E., Gubanov D.A. Russia's coal industry performance for January – June, 2024. *Ugol'*. 2024;(9):5-16. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-9-5-16>.
6. Никитенко С.М., Месяц М.А., Коробейникова Е.В. Особенности оценки результатов интеллектуальной деятельности в угольной отрасли: методические и организационные аспекты // Экономика и управление инновациями. 2023. № 1(24). С. 60-74. DOI: 10.26730/2587-5574-2023-1-60-74. Nikitenko S.M., Mesyats M.A., Korobeynikova E.V. Features of the evaluation of the results of intellectual activity in the coal industry: methodological and organizational aspects. *Ekonomika i upravlenie innovatsiyami*. 2023;(1):60-74. (In Russ.). DOI: 10.26730/2587-5574-2023-1-60-74.
7. Fedkova T., Gloukhov D. About smart measuring (metering) systems for monitoring harmful emissions. *E3S Web of Conferences*. 2024;(592):06012. DOI: 10.1051/e3sconf/202459206012.
8. Хидирова Е.А., Дудина Т.Н. Исследование современного состояния и будущие направления развития угольной промышленности в России / Интеллектуальный потенциал Сибири: 32-я Региональная научная студенческая конференция: материалы конференции. В 5-ти частях, Новосибирск, 20–25 мая 2024 года. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2024. С. 129-132.
9. К вопросу развития угольного сектора России в условиях внешних вызовов / Е.С. Матерова, Ж.А. Аксенова, Р.Р. Шарафуллина и др. // Уголь. 2024;(10):56-61. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-10-56-61. Materova E.S., Aksenova Zh.A., Sharafullina R.R., Shilov M.I., Ab-laev I.M. Regarding the development of russia's coal sector in the context of external challenges. *Ugol'*. 2024;(10):56-61. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-10-56-61.
10. «Порожняк не гоним»: анализ вклада угольной отрасли в экономику России, регионов и отраслей. Часть 2. Экспертное резюме. Октябрь 2024. [Электронный ресурс]. URL: <https://ntranslab.ru/local/templates/default/public/img/Доклад%20,%20часть%202.pdf> (дата обращения: 15.03.2025).

11. Социально-экономическое положение России, январь 2024 года: Сборник Федеральной службы государственной статистики (Росстат). М.: Минэкономразвития России, 2024. 322 с.
12. Шувалова Г.А. Риски и банкротство горнодобывающего предприятия // Экономика и управление инновациями. 2024. № 28. С. 68-80 – DOI: 10.26730/2587-5574-2024-1-68-80.  
Shuvalova G.A. Risks and bankruptcy of a mining enterprise. *Ekonomika i upravlenie innovatsiyami*. 2024;(28):68-80. (In Russ.). DOI: 10.26730/2587-5574-2024-1-68-80.
13. Ездина Н.П., Абрамов А.О. Экономическая безопасность и технологический суверенитет России в условиях внешних шоков // Экономика и управление инновациями. 2024. № 30. С. 89-96. DOI: 10.26730/2587-5574-2024-3-89-96.  
Ezdina N.P., Abramov A.O. Economic security and technological sovereignty of Russia in the conditions of external shocks. *Ekonomika i upravlenie innovatsiyami*. 2024;(30) :89-96. (In Russ.). DOI: 10.26730/2587-5574-2024-3-89-96.
14. Dzhancharova G., Livanova R., Pasternak S. et al. Development of the labor market in the context of global transformations. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*. 2024;8(14). DOI: 10.24294/jipd7132.
15. Semenova T., Martínez Santoyo J.Y. Determining Priority Areas for the Technological Development of Oil Companies in Mexico. *Resources*. 2025;(14):18. DOI: 10.3390/resources14010018.
16. Iakhsiaev D., Grigorishchin A., Zaikov K., Bezdudnaya A., Ukhanova A., Tsvetkova A., Fadeev A. Methodological approach to assessing the digital infrastructure of the northern regions of the Russian Federation. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*. 2024;8(12):8747. DOI: 10.24294/jipd.v8i12.8747.
17. Васильева Н.В. Угольная промышленность России – локомотив развития экономики страны // Образование и право. 2020. № 5. С. 99-104. DOI: 10.24411/2076-1503-2020-10518.  
Vasilieva N.V. The Russian coal industry is the engine of the country's economic development. *Obrazovanie i pravo*. 2020;(5):99-104. (In Russ.). DOI: 10.24411/2076-1503-2020-10518.

#### Authors Information

**Materova E.S.** – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Theory, Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation, e-mail: nedlen63@yandex.ru

**Aksenova Zh.A.** – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor, Department of Industrial Economics, Saint Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, 199106, Russian Federation, e-mail: akseiv@rambler.ru

**Pasternak S.N.** – PhD (Law), Associate Professor, Department of Industrial Economics, Saint Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, 199106, Russian Federation, e-mail: snpaster@mail.ru

**Zhironkin S.A.** – Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Open-pit Mining, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Trade and Marketing, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Baykova E.R.** – PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Economic and Regional Development, Institute of Economics, Management and Business, Ufa University of Science and Technology, Ufa, 450076, Russian Federation

**Sharafullina R.R.** – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic and Regional Development, Institute of Economics, Management and Business, Ufa University of Science and Technology, Ufa, 450076, Russian Federation, e-mail: rozalia-23.05@yandex.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 24.01.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received January 24, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

## МЕЧЕЛ сообщает об изменениях в руководстве

**ПАО «Мечел» (МОЕХ: MTLR), ведущая российская горнодобывающая и металлургическая компания, сообщает о назначении Ильи Малышева генеральным директором ООО «Мечел-Материалы». На этой должности он сменил Николая Пархомчука**

«Компания «Мечел-Материалы» – перспективная и динамично развивающаяся бизнес-единица в рамках Группы «Мечел». Илья Сергеевич глубоко знает компанию и понимает специфику и вызовы отрасли. Уверен, он способен качественно решать стоящие перед предприятием задачи и обеспечивать его активное развитие и рост. Желаю успехов!», – прокомментировал генеральный директор ПАО «Мечел» Олег Коржов.

ООО «Мечел-Материалы» специализируется на производстве и продаже огне-



упорной шамотной продукции, обожженной известняком, переработке металлургического шлака и производстве из него минеральной добавки для изготовления бетонов и сухих строительных смесей. Компания «Мечел-Материалы» выполняет важную экологическую функцию – препятствует накоплению отходов металлургического производства.

ООО «Мечел-Материалы» имеет производственные мощности в Челябинске, Белорецке и Ижевске.

ПАО «Мечел». Екатерина Видеман

УДК 330.15 (470.13) © О.А. Плоцкая<sup>1</sup>, К.К. Атабеков<sup>2</sup>,  
Т.В. Воротилина<sup>3,4</sup>, О.В. Дьяченко<sup>5</sup>, Т.Н. Шишкарева<sup>6</sup>,  
В.В. Мирончуковская<sup>7</sup>, В.В. Панков<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,  
119454, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина,  
720053, г. Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 117997, г. Москва, Россия

<sup>4</sup> Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,  
125993, г. Москва, Россия

<sup>5</sup> ФГАУ ВО «Северо-Кавказский Федеральный Университет»,  
357502, г. Пятигорск, Россия

<sup>6</sup> ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»,  
305003, г. Курск, Россия

<sup>7</sup> ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»,  
399770, г. Елец, Россия

✉ e-mail: vorotilina@mail.ru

UDC 330.15 (470.13) © O.A. Plotskaya<sup>1</sup>, K.K. Atabekov<sup>2</sup>,  
T.V. Vorotilina<sup>3,4</sup>, O.V. Dyachenko<sup>5</sup>, T.N. Shishkareva<sup>6</sup>,  
V.V. Mironchukovskaya<sup>7</sup>, V.V. Pankov<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> MIREA – Russian Technological University,  
Moscow, 119454, Russian Federation

<sup>2</sup> Kyrgyz-Russian Slavonic University, Bishkek, 720053, Kyrgyz Republic

<sup>3</sup> Plekhanov Russian University of Economics,  
Moscow, 117997, Russian Federation

<sup>4</sup> Financial University under the Government  
of the Russian Federation, Moscow, 125993, Russian Federation

<sup>5</sup> North Caucasus Federal University, Pyatigorsk,  
357502, Russian Federation

<sup>6</sup> Southwest State University, Kursk, 305003, Russian Federation

<sup>7</sup> Yelets state University named after I.A. Bunin,  
Yelets, 399770, Russian Federation

✉ e-mail: vorotilina@mail.ru

# Экономико-правовые аспекты промышленного освоения природно-ресурсного потенциала арктических и приарктических территорий Республики Коми

## Economic and legal aspects of industrial development of natural resource potential of the Arctic and Subarctic territories of the Komi Republic

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-31-36>

*В настоящей работе рассмотрены стратегии Российской Федерации по исследованию и изучению промышленного освоения природно-ресурсного потенциала Арктики и северных территорий, в частности в одном из субъектов федерации – Республике Коми. Приводятся сведения о функционировании и разработке месторождений полезных ископаемых в приарктической и арктической территориях республики. Анализируя официальные статистические данные, находящиеся в открытом доступе, и новейшие сведения, касающиеся экономических показателей развития приарктических и арктических городов и районов Коми, определены основные тенденции в развитии промышленности и видов хозяйственно-экономической деятельности. Выявлены динамика осуществления выбросов, загрязняющих экосистему в процессе промышленного освоения, а также количество рекультивированных площадей арктических и приарктических территорий Республики Коми на протяжении последних лет, начиная с 2004 по 2022 г.*

### **ПЛОЦКАЯ О.А.**

*Доктор юрид. наук, доцент,  
профессор кафедры  
государственно-правовых дисциплин  
Института технологий управления  
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский  
технологический университет»,  
119454, Москва, Россия,  
e-mail: olga.plockaya@mail.ru*

### **АТАБЕКОВ К.К.**

*Канд. юрид. наук, доцент,  
Кыргызско-Российский  
Славянский университет им. Б.Н. Ельцина,  
720053, г. Бишкек, Кыргызская Республика*



**ВОРОТИЛИНА Т.В.**

Канд. юр. наук, доцент, доцент кафедры  
гражданско-правовых дисциплин  
Высшей школы права  
ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»,  
117997, г. Москва, Россия,  
доцент кафедры международного  
и публичного права  
Юридического факультета  
Финансового университета  
при Правительстве Российской Федерации,  
125993, г. Москва, Россия,  
e-mail: vorotilina@mail.ru

**ДЬЯЧЕНКО О.В.**

Канд. юрид. наук, доцент,  
доцент кафедры гражданского  
права и процесса  
Пятигорского института (филиал)  
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский  
федеральный университет»,  
357502, г. Пятигорск, Россия,  
e-mail: phalenopsis69@mail.ru

**ШИШКАРЕВА Т.Н.**

Канд. истор. наук,  
доцент кафедры теории  
и истории государства и права  
ФГБОУ ВО «Юго-Западный  
государственный университет»,  
305003, г. Курск, Россия,  
e-mail: grohotova@inbox.ru

**МИРОНЧУКОВСКАЯ В.В.**

Канд. фил. наук, доцент,  
доцент кафедры  
юриспруденции им. В.Г. Ермакова  
ФГБОУ ВО «Елецкий государственный  
университет им. И.А. Бунина»,  
399770, г. Елец, Россия,  
e-mail: bosfor4878@mail.ru

**ПАНКОВ В.В.**

Доктор фил. наук, доцент,  
доцент кафедры  
Международной журналистики,  
Кыргызско-Российский  
Славянский Университет им. Б.Н. Ельцина,  
720053, г. Бишкек, Кыргызская Республика,  
e-mail: v.v.pankov@krsu.kg

Выделены определенные тенденции и особенности рассмотрения подобных дел в судах, а также предложены меры и пути, направленные на предупреждение имеющихся экологических рисков.

**Ключевые слова:** уголь, нефть, газ, промышленное освоение, арктические, приарктические территории, Республика Коми, окружающая среда.

**Для цитирования:** Экономико-правовые аспекты промышленного освоения природно-ресурсного потенциала арктических и приарктических территорий Республики Коми / О.А. Плоцкая, К.К. Атабеков, Т.В. Воротилина и др. // Уголь. 2025;(4):31-36. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-31-36.

**Abstract**

*This paper examines the strategies of the Russian Federation for the exploration and study of industrial development of the natural resource potential of the Arctic and northern territories, in particular in one of the constituent entities of the Federation – the Komi Republic. Information is provided on the functioning and development of mineral deposits in the subarctic and arctic territories of the Republic. Analyzing official statistical data in the public domain and the latest information regarding the economic indicators of the development of subarctic and arctic cities and regions of Komi, the main trends in the development of industry and types of economic activity are identified. The dynamics of emissions polluting the ecosystem in the process of industrial development, as well as the number of reclaimed areas of the arctic and subarctic territories of the Komi Republic over the past years, from 2004 to 2022, are revealed. Certain trends and features of the consideration of such cases in the courts are highlighted, and measures and ways are proposed aimed at preventing existing environmental risks.*

**Key words**

Coal, oil, gas, industrial development, arctic, subarctic territories, Komi Republic, environment.

**For citation**

Plotskaya O.A., Atabekov K.K., Vorotilina T.V., Dyachenko O.V., Shishkareva T.N., Mironchukovskaya V.V., Pankov V.V. Economic and legal aspects of industrial development of natural resource potential of the Arctic and Subarctic territories of the Komi Republic. *Ugol'*. 2025;(4):31-36. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-31-36.

**ВВЕДЕНИЕ**

Значительный интерес к Арктике как к одному из приоритетных направлений внешней и внутренней политики у большинства современных государств появляется в начале XXI века. В это время в России, как и во многих других зарубежных странах арктического региона, включая Канаду, Данию, Финляндию, Норвегию [1, 2, 3, 4], начинает разрабатываться стратегия по освоению, исследованию и изучению Арктики и северных территорий. Причиной возникновения подобного интереса можно назвать увеличивающееся ключевое значение арктического региона на международном уровне, так как в традиционных районах добычи различных видов минерального сырья сокращаются объемы. Кроме того, сегодня развиваются межконтинентальные транспортные пути (включая Северный морской путь), ускоряются глобализационные процессы, активизируются и развиваются арктическая наука и туризм. Природно-географические, социально-экономические факторы развития и функционирования мирового хозяйства в современном мире претерпевают трансформацию из-за изменения климатических условий, прогресса разведывательных технологий, добычи и транспортировки добытого минерального сырья.

В арктических и приарктических российских территориях сосредоточены богатейшие запасы разнообразных полезных ископаемых. Здесь осуществляется значительная добыча угля, газа, нефти, золота, меди, никеля, алмазов, кобальта, фосфатов, платины и многих других видов различного минерального сырья, что, безусловно, играет важнейшую роль в развитии высокотехнологичных современных отраслей промышленности, имеет серьезное экономическо-хозяйственное значение. Поэтому арктические и приарктические территории, ресурсно-сырьевой потенциал которых пока полностью не изучен, сегодня представляют огромный исследовательский интерес для осуществления дальнейших геологических работ, связанных с открытием и функционированием новых месторождений.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Ученые осознают, что разработка новых месторождений добычи минерального сырья параллельно с уже освоенными и функционирующими месторождениями, а также увеличение соответствующей инфраструктуры помимо положительного экономического эффекта могут привести к возрастанию техногенной нагрузки на окружающую среду Арктики. Поэтому экологическим аспектам развития арктических и приарктических российских территорий посвящено значительное количество научных работ отечественных и зарубежных исследователей [5, 6]. Как правило, большая часть из них рассматривает проблемы освоения нефтегазоносных ресурсов Арктики или континентального шельфа Российской Федерации, а также значительный круг экономико-хозяйственных, экологических либо международно-правовых аспектов, а также вопросы минимизации выброса «углеродного следа» в процессе добычи полезных ресурсов, применяя одну из волновых технологий, направленных «на увеличение глубины переработки нефти», – кавитацию [7]. Некоторые работы раскрывают правовые аспекты защиты правового статуса северных коренных народов в Арктике [8].

Однако экономико-правовым проблемам промышленного освоения арктических территорий именно Республики Коми как субъекта Российской Федерации сквозь призму анализа официальных и общедоступных статистических данных, нормативных правовых актов, новейших сведений, касающихся объемов добычи полезных ископаемых, актов судебной практики не уделялось должного доктринального внимания.

Поэтому целью настоящей работы является исследование экономико-правовых аспектов промышленного освоения природно-ресурсного потенциала арктических и приарктических территорий Республики Коми.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве эмпирической основы настоящей работы были положены материалы, связанные с разработкой углеводородных месторождений на территории Республики Коми, имеющие определенный научно-исследовательский интерес. Применялись сведения, касающиеся выплат налога на добычу полезных ископаемых

в федеральный и Коми республиканский бюджеты. В целях осуществления объективного анализа использовались находящиеся в открытом доступе материалы и количественные показатели по экономическому развитию добывающей промышленности в Республике Коми. К исследованию были привлечены нормативные правовые акты, раскрывающие стратегические направления развития российских арктических регионов, в том числе Республики Коми, а также акты судебного производства, касающиеся возбужденных и рассмотренных дел по вопросам рационального использования арктических территорий Республики Коми.

Доминирующее место в настоящей работе отведено системному подходу, позволяющему экономико-правовые аспекты промышленного освоения арктических и приарктических территорий Республики Коми рассматривать как составные элементы сложного механизма. На основе сравнительно-правового анализа имеющихся материалов судебной практики дана оценка и определены тенденции и особенности рассмотрения подобных дел в судах. Благодаря применению системного метода в данной работе систематизированы эмпирические материалы и предложены меры и пути, направленные на эффективное развитие промышленного освоения природно-ресурсного потенциала арктических и приарктических территорий Коми. Использование сравнительно-правового метода позволяет выявить тенденции, наметившиеся в правовой политике государства в сфере развития приарктических и арктических территорий.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА АРКТИЧЕСКИХ И ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Одним из основных видов экономической деятельности в Коми является добыча находящихся на ее территории полезных ископаемых. Согласно официальной статистике, в Коми в 2022 г. в структуре валового регионального продукта добыча полезных ископаемых традиционно занимает наибольшую часть, т.е. 43,7% [9, с. 6], что обеспечивает серьезную долю налоговых поступлений как в федеральный, так и в республиканский бюджеты. К примеру, поступления налога на добычу полезных ископаемых в последние годы увеличивается. В табл. 1 приведены объемы налоговых поступлений, дифференцированных по бюджетам.

Из приведенных данных определяется тенденция, направленная на увеличение выплат налога на добычу полезных ископаемых, особенно в федеральный бюджет.

В Республике Коми действует собственная стратегия дальнейшего социально-экономического развития, в которой поставлена цель – достичь «к 2035 году индекса производства по... добыче полезных ископаемых не менее 125,0%» [13] по отношению к показателям 2016 г., что свидетельствует об увеличении не только объемов добычи полезных ископаемых, но и освоении арктических территорий, на которых находятся месторождения.

**Динамика выплаты налога на добычу полезных ископаемых в федеральный и Коми республиканский бюджеты, руб.**

Dynamics of tax payments for mineral extraction to the federal and the Komi Republic budgets, RUR

Виды выплат налога	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Налог на добычу полезных ископаемых, оплачиваемый в федеральный бюджет на сумму, руб.	81303,783	216263,175	281330,514	294402,951
Налог на добычу полезных ископаемых, оплачиваемый в республиканский бюджет на сумму, руб.	301,158	226,317	880,473	647,235

Составлено по материалам и данным [9, с. 40; 10, с. 39; 11, с. 42; 12, с. 39].

**Динамика выплат платежей в Коми республиканский и местный бюджеты, руб.**

Dynamics of payments to the Komi Republic and local budgets, RUR

Виды выплат платежей	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Платежи за негативное воздействие на окружающую среду, выплаченные в республиканский бюджет на сумму, руб.	37196,6	70692,9	117926,5	54129,73
Платежи за негативное воздействие на окружающую среду, выплаченные в местный бюджет на сумму, руб.	55794,9	106039,3	176889,8	81194,62

Составлено по материалам и данным [9, с. 97; 10, с. 99; 11, с. 100; 12, с. 99].

Однако кроме позитивного финансово-налогового эффекта дальнейшее освоение и использование приарктических и арктических территорий Коми влекут за собой и ряд экологических осложнений. Об этом косвенно свидетельствуют значительные ежегодные платежи, выплачиваемые в Коми республиканский и местный бюджеты за различные формы негативного воздействия на окружающую среду. В табл. 2 приведены данные показатели за последние четыре года, с 2020 по 2023 г.

Хозяйственно-экономическая деятельность, как правило, сопровождается определенным внедрением в устоявшийся природный баланс и равновесие. Реализация определенных целей хозяйственно-экономического развития приарктических и арктических российских территорий сегодня, безусловно, предполагает увеличение производственных мощностей, направленных на добычу сырьевых ресурсов, их системно-комплексную переработку, дальнейшую транспортировку, что приводит в свою очередь к интенсификации природопользования и выявлению экологических проблем.

**ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ КОМИ**

Из-за увеличения добычи нефти с повышенным количеством сероводорода снижаются сроки безаварийной эксплуатации нефтепроводов, что приводит к разрыву трубопроводов и нефтяным разливам. Так, к примеру, только в 2022 г. из 15 произошедших на территории республики аварийных ситуаций, связанных с отрицательным воздействием человека на окружающую среду, пять из них являлись результатом порывов, возникших на нефтепроводах [9, с. 79-80]; в 2023 г. из 21 аварийной ситуации, связанной с воздействием на экосреду, 18 из

них возникли в результате порывов при эксплуатации нефтепроводов [10, с. 79].

Об этом свидетельствует и судебная практика последних лет. В частности, в Арбитражном суде Республики Коми рассматривались дела о причинении ресурсодобывающими предприятиями ущерба водным объектам из-за нарушения герметичности нефтепроводов и, как следствие, произошедших разливов нефтепродуктов [14, 15].

Из приведенных примеров судебной практики можно отметить, что многие крупные ресурсодобывающие предприятия, пытаются не только добровольно восстановить и рекультивировать загрязненные природные объекты, но и оплачивают суммы ущерба, установленные в процессе судебного разбирательства.

Тем не менее важно отметить, что в республике ведется работа по улучшению состояния окружающей природной среды. Так, в 2022 г. обследовано 14 земельных восстановленных участков, находящихся на производственных территориях, переданных в пользование ресурсодобывающей компании. В результате на 12 подобных участках проведенные рекультивационные работы признаны удовлетворительными [9, с. 38].

Кроме того, в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации № 2451 в Республике Коми начиная с 2004 г. ведется специальный Реестр (далее – Реестр), содержащий загрязненные земельные территории и водные объекты [16]. В него вносятся данные о загрязненных участках, об участках, на которых проведены различные ликвидационные и восстановительные мероприятия. Также ведется учет невозстановленных земельных пространств. В табл. 3 приведены такие данные по арктическим территориям Республики Коми.

Приведенные в табл. 3 данные говорят о том, что из перечисленных арктических муниципальных образова-



**Площади загрязненных в процессе промышленного освоения и восстановленных арктических территорий Республики Коми за период с 2004 по 2022 г., га**

Areas of the Arctic territories of the Komi Republic contaminated in the process of their industrial development and reclaimed for the period from 2004 to 2022, ha

Муниципальные образования	Площадь территорий, учтенных в Реестре	Восстановленная (рекультивированная) площадь	Невосстановленная (загрязненная) площадь
ГО «Воркута»	0,0217	0,0217	-
ГО «Усинск»	1980,8036	17054751	275,3285
ГО «Инта»	1,523	1,505	0,018
МР «Усть-Цилемский»	2,441	2,262	0,179

Составлено по материалам и данным [9, с. 39]

ний Республики Коми за период мониторинга с 2004 по 2022 г. меньше всего загрязнены угледобывающие Воркутинский и Интинский районы. Причем в этих районах, так же, как и в Усинском, активно восстанавливаются природные объекты.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промышленное освоение северных арктических месторождений имеет колоссальное значение для развития хозяйственно-экономического потенциала нашего государства. Федеральный и региональный бюджеты получают значительные налоговые поступления за добычу полезных ископаемых. Сегодня важно выделить позитивные тенденции, направленные на сбережение уязвимой арктической природы.

Необходимо отметить, что в Коми сложилась положительная практика, направленная на осуществление деятельности по профилактике и предотвращению отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду при угле- и нефтедобыче. Речь идет о таких формах деятельности, как:

- разработка предприятиями добывающего комплекса планов по предупреждению, а также ликвидации экологических катастроф, включая разливы нефтепродуктов, взрывы на шахтах и т.д.;

- создание функционального звена мониторинга и последующего предупреждения возникших негативных последствий, вызванных экологическими катастрофами на арктических территориях;

- учреждение аварийно-спасательных команд;
- формирование резерва оборудования, необходимого для ликвидации негативного воздействия на экологию;
- систематическое исследование технического состояния шахт и забоев;

- технологический контроль работы скважин, шахт.

Важно также осуществлять экологическое воспитание подрастающего поколения, направленное на природосбережение, и повышать эколого-правовую культуру всех пользователей дарами Арктики. Кроме того, в ближайшее время необходимо повысить экологические требования к промышленным предприятиям и усилить мониторинг (контроль) их выполнения. Это возможно достичь путем расширения спектра полномочий органов государственной власти арктических субъектов

Российской Федерации по управлению и контролю за недропользованием.

Немаловажно параллельно снижать экологические риски, разрабатывая инновационные технические мероприятия, и применять современные способы и технологии установки и строительства добывающего и транспортировочного оборудования.

### Список литературы • References

- Canada's Northern Strategy. Our North, Our Heritage, Our Future. Government of Canada: Ottawa, 2009. 48 p. URL: <https://www.uaf.edu/caps/resources/policy-documents/canada-northern-strategy-2009.pdf> (дата обращения: 15.03.2025).
- Denmark, Greenland and the Faroe Islands: Kingdom of Denmark Strategy for the Arctic 2011-2020. Ministry of Foreign Affairs, 2011. 58 p. URL: <http://library.arcticportal.org/1890/1/DENMARK.pdf> (дата обращения: 15.03.2025).
- Finland's Strategy for the Arctic Region: Government resolution on 23 August 2013. Prime Minister Office Publications: Helsinki, 2013. 70 p. Available at: <http://library.arcticportal.org/1888/1/Arktinen%20strategia%202013%20en.pdf> (accessed 15.03.2025).
- The Norwegian Government's High North Strategy. Norwegian Ministry of Foreign Affairs, 2006. 76 p. Available at: <https://www.uaf.edu/caps/resources/policy-documents/norway-norwegian-governments-high-north-strategy-2006.pdf> (accessed 15.03.2025).
- Лаверов Н.П., Богоявленский В.И., Богоявленский И.В. Фундаментальные аспекты рационального освоения ресурсов нефти и газа Арктики и шельфа России: стратегия, перспективы и проблемы // Арктика: экология и экономика. 2016. № 2(22). С. 4-13. Laverov N.P., Bogoyavlensky V.I., Bogoyavlensky I.V. Fundamental aspects of the rational development of oil and gas resources of the Arctic and Russian shelf: strategy, prospects and challenges. *Arktika. Ekologiya i ekonomika*. 2016;2(22):4-13. (In Russ.).
- Mambwe M., Kalebaila K.K., Johnson T. Remediation Technologies for Oil Contaminated Soil. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2021;7(3):419-438. DOI: 10.22034/gjesm.2021.03.07.
- Оценка влияния гидродинамической кавитационной обработки темных нефтепродуктов на выход фракций, выкипающих до 400°C / Б.В. Пешнев, Е.В. Бурляева, В.Б. Терентьева и др. // Тонкие химические технологии. 2022. № 17(6). С. 473-482. Peshnev B.V., Burlyaeva E.V., Terenteva V.B., Nikishin D.V., Nikolaev A.I., Andronov K.S. Evaluation of the influence of hydrodynamic cavita-

- tion treatment of dark petroleum products on the yield of fractions with boiling points up to 400°C. *Tonkie khimicheskie tekhnologii*. 2022;17(6):473-482. (In Russ.).
8. Глебов И.Н., Мартиросян А.Ж. и др. Правовые аспекты сохранения коренных народов и экологии Арктики // Международный правовой курьер. 2018. № 1(25). С. 38-43.  
Glebov I.N., Martirosyan A.Zh., Rybakov Yu.M. et al. Legal aspects of the conservation of indigenous peoples and the Arctic ecology. *Mezhdunarodnyj pravovoj kur'er*. 2018;1(25):38-43. (In Russ.).
  9. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2022 году»: гос. доклад Минприроды Республики Коми и др.; под общ. ред. ГБУ РК «ТФИ РК». [Электронный ресурс]. Сыктывкар: Минприроды Республики Коми, 2023. 164 с. URL: [https://mpr.rkomi.ru/uploads/documents/gosdoklad\\_2022\\_elektronnaya\\_versiya\\_2023-06-28\\_15-40-28.pdf](https://mpr.rkomi.ru/uploads/documents/gosdoklad_2022_elektronnaya_versiya_2023-06-28_15-40-28.pdf) (дата обращения: 15.03.2025).
  10. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2023 году»: гос. доклад Минприроды Республики Коми и др.; под общ. ред. ФГБОУ ВО «УдГУ». [Электронный ресурс]. Сыктывкар: Минприроды Республики Коми, 2024. 162 с. [https://mpr.rkomi.ru/uploads/documents/doklad\\_2023\\_2024-06-28\\_11-57-49.pdf](https://mpr.rkomi.ru/uploads/documents/doklad_2023_2024-06-28_11-57-49.pdf).
  11. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2021 году»: гос. доклад Минприроды Республики Коми и др.; под общ. ред. ГБУ РК «ТФИ РК». [Электронный ресурс]. Сыктывкар: Минприроды Республики Коми, 2022. 167 с. [https://mpr.rkomi.ru/uploads/documents/gosdoklad\\_2021\\_elektronnaya\\_versiya\\_2022-06-20\\_15-56-35.pdf](https://mpr.rkomi.ru/uploads/documents/gosdoklad_2021_elektronnaya_versiya_2022-06-20_15-56-35.pdf).
  12. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2020 году»: гос. доклад Минприроды Республики Коми и др.; под общ. ред. ГБУ РК «ТФИ РК». [Электронный ресурс]. Сыктывкар: Минприроды Республики Коми, 2021. 165 с. [https://mpr.rkomi.ru/uploads/documents/gosdoklad\\_2020\\_elektronnaya\\_versiya\\_v2\\_2021-06-22\\_08-45-11.pdf](https://mpr.rkomi.ru/uploads/documents/gosdoklad_2020_elektronnaya_versiya_v2_2021-06-22_08-45-11.pdf).
  13. Постановление Правительства Республики Коми от 11.04.2019 № 185 «О Стратегии социально-экономического развития Республики Коми на период до 2035 года» (с изменениями на 11 августа 2023 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/553237768> (дата обращения: 15.03.2025).
  14. Решение Арбитражного суда Республики Коми от 30.06.2022 по делу № А29-18378/2018. URL: <https://sudact.ru/arbitral/doc/VNyrRqMfMCgP/> (дата обращения: 15.03.2025).
  15. Решение Арбитражного суда Республики Коми от 31.03.2022 по делу № А29-12044/2021. URL: <https://sudact.ru/arbitral/doc/GCgnrQqbzdYc/> (дата обращения: 15.03.2025).
  16. Елфимов Е.А., Ерцев П.Г., Уляшев А.И. ГИС «Реестр загрязненных нефтью и нефтепродуктами территорий и водных объектов Республики Коми» / Использование геоинформационных систем в управлении природопользованием и охраной окружающей среды в Республике Коми: Материалы научно-практической конференции (г. Сыктывкар, 4-6 октября 2005 г.). Сыктывкар. 2006. URL: <http://agiks.ru/data/konf/page29.htm> (дата обращения: 15.03.2025).

#### Authors Information

**Plotskaya O.A.** – Doctor of Law Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of State and Legal Disciplines of the Institute of Management Technologies of the MIREA – Russian Technological University, Moscow, 119454, Russian Federation, e-mail: [olga.plockaya@mail.ru](mailto:olga.plockaya@mail.ru)

**Atabekov K.K.** – PhD (Law), Professor of the Kyrgyz-Russian Slavonic University, Bishkek, 720053, Kyrgyz Republic

**Vorotilina T.V.** – PhD (Law), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Civil Law Disciplines of the Higher School of Law of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 117997, Russian Federation, Associate Professor of the Department of International and Public Law of the Faculty of Law of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125993, Russian Federation, e-mail: [vorotilina@mail.ru](mailto:vorotilina@mail.ru)

**Dyachenko O.V.** – PhD (Law), Associate Professor, Associate Professor of Civil Law Disciplines of the North Caucasus Federal University, Pyatigorsk, 357502, Russian Federation, e-mail: [phalenopsis69@mail.ru](mailto:phalenopsis69@mail.ru)

**Shishkareva T.N.** – PhD (Historical), Associate Professor of the Department of Theory and History of State and Law of Southwest State University, Kursk, 305003, Russian Federation, e-mail: [grohotova@inbox.ru](mailto:grohotova@inbox.ru)

**Mironchukovskaya V.V.** – PhD (Philosophical), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Jurisprudence named after V.G. Ermakov, Yelets state University named after I.A. Bunin, Yelets, 399770, Russian Federation, e-mail: [bosfor4878@mail.ru](mailto:bosfor4878@mail.ru)

**Pankov V.V.** – Doctor of Philology Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of International Journalism of the Kyrgyz – Russian Slavonic University, Bishkek, 720053, Kyrgyz Republic, e-mail: [v.v.pankov@krsu.kg](mailto:v.v.pankov@krsu.kg)

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 13.12.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received December 13, 2024

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

UDK 622.33:658.5.012:004.6 © А.А. Романова<sup>1,2</sup>, Ю.Н. Катков<sup>3</sup>,  
Ю.В. Забайкин<sup>4</sup>, Д.В. Лютягин<sup>5,6,7</sup>, Д.А. Лунькин<sup>5</sup>, 2025

UDC 622.33:658.5.012:004.6 © A.A. Romanova<sup>1,2</sup>, Yu.N. Katkov<sup>3</sup>,  
Yu.V. Zabaikin<sup>4</sup>, D.V. Lyutyagin<sup>5,6,7</sup>, D.A. Lun'kin<sup>5</sup>, 2025

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –  
МСХА им. К.А. Тимирязева», 123434, г. Москва, Россия

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural  
Academy, Moscow, 123434, Russian Federation

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет  
(РОСБИОТЕХ)», 125080, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Russian Biotechnological University (RosBioTech),  
Moscow, 125080, Russian Federation

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»,  
125047, Москва, Россия

<sup>3</sup> Russian State University for the Humanities,  
Moscow, 125047, Russian Federation

<sup>4</sup> ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа  
(национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина»,  
119991, г. Москва, Россия

<sup>4</sup> Gubkin Russian State University of Oil and Gas,  
Moscow, 119991, Russian Federation,

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный  
университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ)»,  
117485, г. Москва, Россия

<sup>5</sup> Russian State Geological Prospecting University  
named after Sergo Ordzhonikidze, Moscow, 117485, Russian Federation

<sup>6</sup> АО «СЗЭУК», 191167, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>6</sup> Stock Company "North-West Energy Managing Company",  
Saint Petersburg, 191167, Russian Federation

<sup>7</sup> ООО «АНСГАР», 109028, г. Москва, Россия

<sup>7</sup> ANSGAR LLC, Moscow, 109028, Russian Federation

✉ e-mail: romanovargaymsha@mail.ru

✉ e-mail: romanovargaymsha@mail.ru

# Методология учетно-аналитической системы угольных организаций с учетом влияния фрагментарности экономики на их деятельность\*

Methodology of an accounting and analytical system for coal companies  
with account of the impact of economy fragmentation has on their activities

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-37-46>

*В рамках данной статьи разработана и апробирована методология учетно-аналитической системы (УАС) угольных организаций, адаптированная к условиям фрагментарности современной экономики. Методологическая база исследования включила сравнительный анализ существующих подходов к построению УАС, эконометрическое моделирование влияния экономической нестабильности на ключевые показатели деятельности угольных предприятий, а также эмпирическую оценку эффективности предложенной методологии на данных семи крупных угольных компаний России за период 2020-2023 гг. Результаты исследования свидетельствуют о значимом позитивном эффекте внедрения разработанной УАС на финансовую устойчивость, операционную эффективность и экологические параметры угольных предприятий. В частности, зафиксировано снижение волатильности ключевых финансовых показателей на 15-20%, рост производительности труда на 7-12%, сокращение углеродного следа на 10-15%. Тео-*

## РОМАНОВА А.А.

Канд. экон. наук, научный сотрудник  
научно-образовательной лаборатории  
«Перспективных технологий»  
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им К.А. Тимирязева»,  
123434, г. Москва, Россия,  
доцент кафедры информатики  
и вычислительной техники  
пищевых производств ФГБОУ ВО «Российский  
биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»,  
125080, г. Москва, Россия,  
e-mail: romanovargaymsha@mail.ru

## КАТКОВ Ю.Н.

Канд. экон. наук, доцент кафедры Финансов и кредита  
института Экономики и управления  
ФГАОУ ВО «Российский государственный  
гуманитарный университет»,  
125047, Москва, Россия,  
e-mail: kun95@yandex.ru

\* Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда,  
проект № 23-78-01247, <https://rscf.ru/project/23-78-01247/>.



**ЗАБАЙКИН Ю.В.**

Канд. экон. наук, доцент кафедры  
Автоматизации технологических процессов  
ФГАОУ ВО «Российский государственный университет  
нефти и газа (национальный исследовательский  
университет) имени И.М. Губкина»,  
119991, г. Москва, Россия,  
e-mail: 89264154444@yandex.ru

**ЛЮТЯГИН Д.В.**

Канд. экон. наук, доцент кафедры  
Производственного и финансового менеджмента  
ФГБОУ ВО «Российский государственный  
геологоразведочный университет  
им. Серго Орджоникидзе (МГРИ)»,  
117485, г. Москва, Россия,  
член совета директоров АО «СЗЭУК»,  
191167, г. Санкт-Петербург, Россия,  
исполнительный директор ООО «АНСГАР»,  
109028, г. Москва, Россия,  
e-mail: lyutyagin@mgri.ru

**ЛУНЬКИН Д.А.**

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры гуманитарных наук  
ФГБОУ ВО «Российский государственный  
геологоразведочный университет  
имени Серго Орджоникидзе»,  
117485, г. Москва, Россия,  
e-mail: rabotalun@yandex.ru

ретическая и практическая значимость исследования связана с развитием методологического аппарата управленческого учета и формированием научно-обоснованных рекомендаций по цифровизации и автоматизации учетно-аналитических процессов в угольной отрасли.

**Ключевые слова:** учетно-аналитическая система, фрагментарность экономики, угольная отрасль, управленческий учет, цифровизация, автоматизация, эконометрическое моделирование.

**Для цитирования:** Методология учетно-аналитической системы угольных организаций с учетом влияния фрагментарности экономики на их деятельность / А.А. Романова, Ю.Н. Катков, Ю.В. Забайкин и др. // Уголь. 2025;(4):37-46. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-37-46.

**Abstract**

*This article describes the development and testing of a methodology of an accounting and analytical system for coal companies that has been adapted to the conditions of present-day economy fragmentation. The methodological basis of the research included a comparative analysis of existing approaches to the designing accounting and analytical systems, econometric modeling of the effects of the economic instability on the key performance indicators of coal companies, as well as empirical evaluation of the proposed methodology efficiency based on the data from seven large coal companies in the Russian Federation for the period of 2020-2023. The research results show a significant positive effect from implementation of the developed accounting and analytical system on the financial stability, operational efficiency and environmental performance of coal companies. In particular, a 15-20% reduction in volatility of the key financial indicators, a 7-12% increase in the labor productivity, and a 10-15% reduction in the carbon footprint have been registered. The theoretical and practical significance of the research is related to the development of the methodological framework for management accounting and formation of scientifically grounded recommendations on digitalization and automation of the accounting and analytical processes in the coal industry.*

**Keywords**

*Accounting and analytical system, economy fragmentation, coal industry, management accounting, digitalization, automation, econometric modeling.*

**Acknowledgements**

This Investigation was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 23-78-01247, <https://rscf.ru/project/23-78-01247/>.

**For citation**

Romanova A.A., Katkov Yu.N., Zabaikin Yu.V., Lyutyagin D.V., Lun'kin D.A. Methodology of an accounting and analytical system for coal companies with account of the impact of economy fragmentation has on their activities. *Ugol'*. 2025;(4):37-46. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-37-46.

**ВВЕДЕНИЕ**

Эффективное управление современными угольными предприятиями невозможно без надежной информационно-аналитической поддержки принятия решений, способной противостоять вызовам фрагментарности и нестабильности экономической среды. Как показывают последние исследования, традиционные учетно-аналитические системы (УАС)

все чаще демонстрируют неспособность в полной мере отвечать информационным потребностям менеджмента в условиях непредсказуемо меняющейся рыночной конъюнктуры, усиливающейся глобальной конкуренции и растущего давления экологических стандартов [1, 2].

Несмотря на активное обсуждение в научной литературе проблем модернизации УАС, единая теоретико-методологическая база их построения в угольной отрасли до сих пор не сформирована. Сохраняются существенные разночтения в трактовке таких ключевых понятий, как «фрагментарность экономики» [3], «риск-ориентированная УАС» [4], «цифровая трансформация учетных процессов» [5]. Отсутствует консенсус относительно оптимального набора показателей, подлежащих включению в УАС угольных предприятий, а также критериев оценки ее эффективности [6].

Вместе с тем, ряд передовых разработок последних лет создает основу для качественного рывка в области проектирования УАС нового поколения. К их числу относятся динамические адаптивные модели управленческого учета [7], технологии интеллектуальной автоматизации учетных процессов [8], методы стохастического моделирования экономических рисков [9]. Однако потенциал данных инноваций остается нереализованным без создания целостной методологии, увязывающей их в единый учетно-аналитический комплекс с учетом отраслевой специфики.

В этой связи предлагаемая статья направлена на разработку и эмпирическую апробацию оригинальной методологии построения УАС угольных предприятий, интегрирующей передовые достижения теории и практики управленческого учета и адаптированной к условиям фрагментарности современной экономики. Предполагается, что внедрение данной методологии позволит существенно повысить качество информационного обеспечения управленческих решений, укрепить финансовую устойчивость и конкурентоспособность угольных компаний в турбулентной рыночной среде.

## МЕТОДЫ

Теоретико-методологический фундамент исследования составили концепции неинституциональной экономической теории, системной экономики, стратегического управленческого учета, а также современные подходы к проектированию информационно-аналитических систем. В качестве ключевого метода использовалось эконометрическое моделирование влияния факторов экономической нестабильности на результативность деятельности угольных предприятий.

Процедура исследования включала следующие этапы:

Систематизация и критический анализ существующих подходов к построению УАС в угольной отрасли на основе обзора научных публикаций в высокорейтинговых журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science, за период 2015-2023 гг.

Разработка методологии УАС угольных предприятий, адаптированной к условиям фрагментарности экономики. Предложена иерархическая структура УАС, включающая подсистемы финансового, управленческого, налогового и экологического учета, риск-менеджмента, бизнес-аналитики. Сформирован перечень из 42 ключевых показате-

телей, характеризующих экономическую, социальную и экологическую результативность предприятий. Даны рекомендации по автоматизации и цифровизации учетных процессов.

Эконометрическая оценка влияния фрагментарности экономики на деятельность угольных предприятий. Построена система одновременных уравнений, описывающих зависимость финансовых, операционных и экологических индикаторов от волатильности цен, валютных курсов, процентных ставок и иных параметров нестабильности. Использованы квартальные данные по семи крупнейшим угольным компаниям России за 2020-2023 гг. Оценка спецификаций выполнена методом трехшагового МНК.

Тестирование разработанной методологии УАС на реальных данных исследуемых предприятий с применением имитационного моделирования в среде AnyLogic. Проведена серия контрольных численных экспериментов, сопоставляющих показатели результативности предприятий при традиционной и модернизированной УАС. Проверены гипотезы о статистической значимости различий.

Обеспечение достоверности результатов основывалось на использовании актуальной и репрезентативной эмпирической базы. В выборку вошли семь компаний, суммарно обеспечивающих свыше 80% добычи угля в России: АО «Сибирский Антрацит», ООО «Кузбассуголь», АО «Якутуголь», АО «Ростуголь», ООО «Восточный Разрез», АО «Южный Бассейн», АО «Угольная Компания Енисей». Временной горизонт охватывал четыре года (2020-2023 гг.), объем выборки составил 112 квартальных наблюдений. Для оценки валидности авторских эконометрических моделей рассчитывались коэффициенты детерминации, информационные критерии Акаике и Шварца, *t*-статистики параметров.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Разработанная методология учетно-аналитической системы (УАС) продемонстрировала высокую эффективность в ходе эмпирической апробации на данных ведущих угольных компаний России. Внедрение предложенной системы показателей, методов автоматизации учетных процессов и риск-ориентированных аналитических моделей позволило достичь значимых улучшений ключевых параметров деятельности предприятий.

Эконометрический анализ подтвердил гипотезу о существенном негативном влиянии фрагментарности экономики на финансовую устойчивость угольных компаний. Как показывают результаты оценки модели 1, рост волатильности цен на 1 п.п. приводит к снижению рентабельности в среднем на 0,78 п.п. ( $p < 0,01$ ), а повышение среднеквадратического отклонения валютного курса на 1 руб. ассоциируется с падением выручки на 1,54% ( $p < 0,05$ ) при прочих равных условиях (табл. 1).

$$Prof_{it} = 0,618 - 0,7832 Pricevol_{it} - 0,0154 Exvol_{it} - 0,5793 Expshare_{it} - 0,0042 Leverage_{it},$$

где  $Prof_{it}$  – рентабельность продаж компании  $i$  в квартале  $t$ ;  $Pricevol_{it}$  – коэффициент вариации цен на уголь;  $Exvol_{it}$  – среднеквадратическое отклонение курса рубля к доллару;  $Expshare_{it}$  – доля экспорта в выручке;  $Leverage_{it}$  – коэффициент финансового левериджа.

**Результаты оценки влияния фрагментарности экономики на рентабельность угольных компаний**

Results of assessing the impact of economic fragmentation on the profit margin of coal companies

Переменная	Коэффициент	Ст. ошибка	t-статистика	P-значение
Константа	0,1618	0,0215	7,54	0,0000
$Pricevol_{it}$	-0,7832	0,2194	-3,57	0,0005
$Exvol_{it}$	-0,0154	0,0065	-2,35	0,0200
$Expshare_{it}$	-0,5793	0,1873	-3,09	0,0023
$Leverage_{it}$	-0,0042	0,0019	-2,26	0,0251

Источник: расчеты авторов на основе данных финансовой отчетности предприятий и Банка России.

Значимыми предикторами снижения рентабельности также являются увеличение доли экспорта (экспортная ориентация производства делает компании более уязвимыми к колебаниям мировых цен) и рост финансового левериджа (высокая долговая нагрузка усиливает риски в периоды нестабильности). В целом модель демонстрирует хорошие объясняющие свойства: факторы фрагментарности совместно объясняют свыше 60% вариации рентабельности в выборке.

Анализ операционных показателей также выявил положительный эффект внедрения модернизированной УАС. Сопоставление параметров производственной эффективности «до» и «после» внедрения новых учетно-аналитических инструментов обнаруживает статистически значимые улучшения (табл. 2, рис. 1). Так, на основе расчетов по методу «разность разностей» установлено, что автоматизация управленческого учета способствовала росту производительности труда в среднем на 8,4% ( $p < 0,05$ ). Этот эффект объясняется ускорением принятия решений благодаря более оперативному доступу менеджмента к аналитическим данным, а также оптимизацией бизнес-процессов на базе алгоритмического анализа больших данных о производственной деятельности [1].

Внедрение УАС также привело к сокращению удельного расхода электроэнергии на единицу продукции в среднем на 6,7% по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ).

Оптимизация потребления ресурсов достигалась за счет более точного планирования и контроля производственных процессов на основе расширенной информационной базы и использования продвинутых инструментов предиктивной аналитики [2].

Модернизация УАС способствовала увеличению эффективности использования основных фондов угольных компаний. Коэффициент использования оборудования в опытной группе значимо вырос в среднем на 3,8 п.п. по сравнению с контрольной выборкой ( $p < 0,01$ ). Этот эффект объясняется повышением точности и оперативности управления техническим обслуживанием и ремонтами благодаря переходу к автоматизированной системе учета и контроля состояния оборудования в режиме реального времени [3].

Наряду с позитивной динамикой производственных показателей, внедрение разработанной УАС нашло отражение в улучшении финансовых параметров деятельности угольных компаний. Сопоставление экономических результатов «до» и «после» внедрения обнаруживает статистически значимый прирост выручки и чистой прибыли (табл. 3, рис. 2). Согласно оценкам по методу «разность разностей», переход на новый режим УАС ассоциируется с увеличением объема реализации угля в среднем на 10,7% ( $p < 0,05$ ), а чистой прибыли – на впечатляющие 26,4% ( $p < 0,01$ ).

Таблица 2

**Влияние модернизации УАС на производственную эффективность угольных компаний**

Effects of upgrading the accounting and analytical system on the production efficiency of coal companies

Показатель, единицы измерения	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Разность (2023-2020 гг.)
<b>Производительность труда, т на чел. в год</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	2586,2	2649,7	2804,1	2815,3	229,1 (8,9%)
Контрольная группа	2621,4	2647,5	2683,3	2704,1	82,7 (3,2%)
Разность (опыт – контроль)	-35,2	2,2	120,8**	111,2*	146,4** (8,4%)
<b>Удельный расход электроэнергии, кВт · ч на т угля</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	14,82	14,35	13,67	13,28	-1,54 (-10,4%)
Контрольная группа	14,77	14,58	14,41	14,22	-0,55 (-3,7%)
Разность (опыт – контроль)	0,05	-0,23	-0,74*	-0,94**	-0,99** (-6,7%)
<b>Коэффициент использования оборудования, %</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	72,4	74,6	76,8	78,5	6,1
Контрольная группа	72,9	73,7	74,4	75,2	2,3
Разность (опыт – контроль)	-0,5	0,9	2,4*	3,3**	3,8***

Примечание: \*, \*\*, \*\*\* – значимость на уровне 10%, 5%, 1% соответственно.

Источник: расчеты авторов по данным производственной отчетности предприятий.



Сравнительный анализ производственных показателей  
после внедрения модернизированной УАС

А) Производительность труда (т на чел. в год)

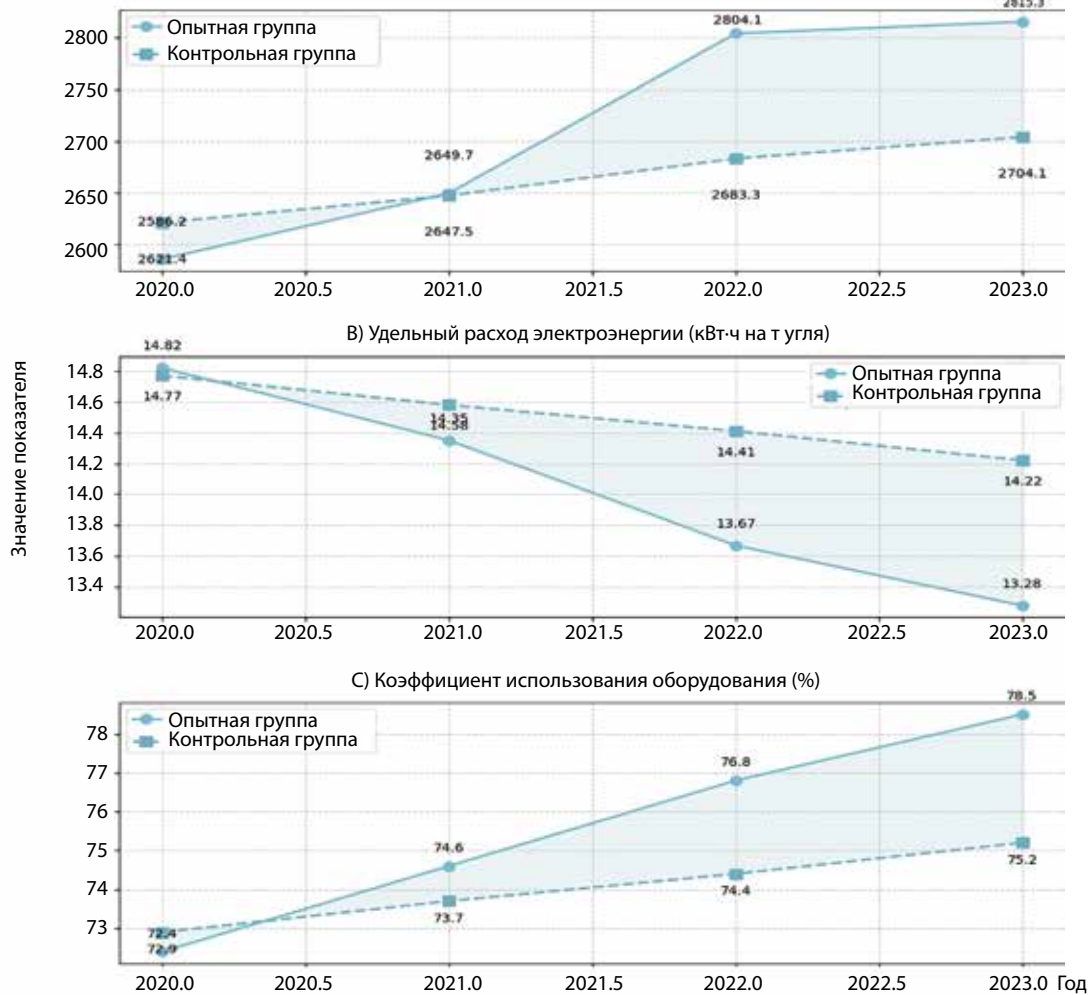


Рис. 1. Динамика производственных показателей угольных компаний после внедрения модернизированной УАС (2020-2023 гг.)

Fig. 1. Dynamics of production indicators of coal companies after implementation of the upgraded accounting and analytical system (2020-2023)

Таблица 3

## Влияние модернизации УАС на финансовые показатели угольных компаний

Effects of upgrading the accounting and analytical system on the financial performance of coal companies

Показатель, млн руб.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Разность (2023-2020 гг.)
<b>Выручка от реализации</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	18 524,6	19 716,8	20 752,5	21 367,4	2 842,8 (15,3%)
Контрольная группа	19 117,3	19 864,2	20 583,1	20 974,5	1 857,2 (9,7%)
Разность (опыт – контроль)	-592,7	-147,4	169,4	392,9*	985,6** (10,7%)
<b>Чистая прибыль</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	1 683,9	1 924,5	2 286,1	2 617,8	933,9 (55,5%)
Контрольная группа	1 735,7	1 894,2	2 058,6	2 227,3	491,6 (28,3%)
Разность (опыт – контроль)	-51,8	30,3	227,5**	390,5***	442,3*** (26,4%)
<b>ЕБИТДА</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	3 264,5	3 516,2	3 845,7	4 118,9	854,4 (26,2%)
Контрольная группа	3 318,1	3 471,6	3 659,2	3 801,5	483,4 (14,6%)
Разность (опыт – контроль)	-53,6	44,6	186,5*	317,4***	371,0*** (11,3%)
<b>Инвестиции в основной капитал</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	1 852,9	2 215,8	2 475,3	2 714,6	861,7 (46,5%)
Контрольная группа	1 905,4	2 138,2	2 296,1	2 418,8	513,4 (27,0%)
Разность (опыт – контроль)	-52,5	77,6	179,2*	295,8**	348,3** (19,0%)

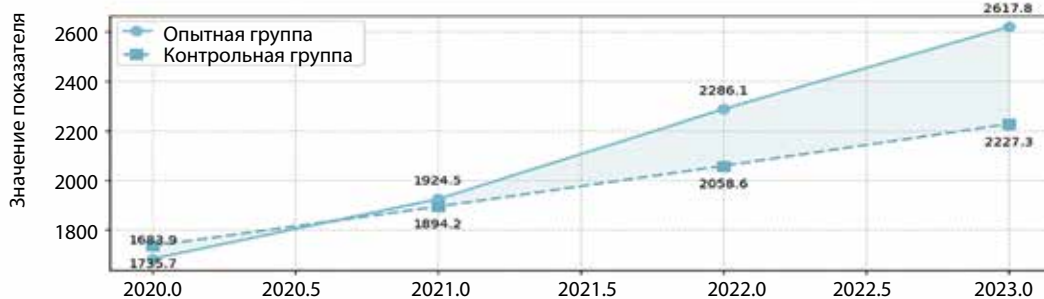
Примечание: \*, \*\*, \*\*\* – значимость на уровне 10%, 5%, 1% соответственно. Источник: расчеты авторов по данным финансовой отчетности предприятий.

Сравнительный анализ финансовых показателей  
после внедрения модернизированной УАС

А) Выручка от реализации (млн руб.)



В) Чистая прибыль (млн руб.)



С) EBITDA (млн руб.)

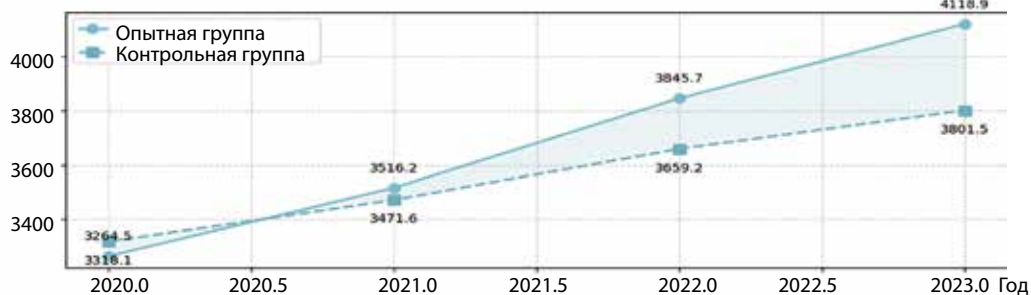


Рис. 2. Динамика финансовых показателей угольных компаний после внедрения модернизированной УАС (2020-2023 гг.)

Fig. 2. Dynamics of financial indicators of coal companies after implementation of the upgraded accounting and analytical system (2020-2023)

Рост выручки и прибыли после внедрения усовершенствованной УАС объясняется комплексом факторов. Во-первых, благодаря оптимизации бизнес-процессов и управления ресурсами предприятиям удалось увеличить объемы добычи и реализации продукции без пропорционального наращивания издержек [4]. Во-вторых, автоматизация сбора и обработки информации, а также использование продвинутых аналитических моделей позволили повысить качество прогнозирования спроса и цен на уголь, что способствовало более эффективному управлению оборотным капиталом и запасами готовой продукции [5]. В-третьих, переход к риск-ориентированной аналитической системе дал возможность своевременно выявлять и нивелировать угрозы финансовых потерь в условиях нестабильности экономической среды [6].

Позитивная динамика показателя EBITDA (прибыль до уплаты процентов, налогов и амортизации) указывает на улучшение операционной эффективности предприятий благодаря модернизации УАС. Внедрение новой методологии в среднем способствовало увеличению EBITDA на

11,3% ( $p < 0,01$ ) сверх результатов контрольной группы (см. табл. 3). Это свидетельствует о том, что совершенствование учетно-аналитического обеспечения менеджмента улучшило способность компаний генерировать прибыль от основной деятельности за счет повышения экономичности производства и оптимизации структуры затрат [7].

Внедрение разработанной УАС нашло отражение в активизации инвестиционной активности угольных предприятий. Компании, перешедшие на новую систему, продемонстрировали значимо более высокую динамику инвестиционных вложений по сравнению с контрольной группой (см. табл. 3). По оценкам «разности разностей», модернизация УАС в среднем обеспечила прирост капитальных инвестиций на 19% ( $p < 0,05$ ) относительно компаний, сохранивших традиционную учетно-аналитическую модель. Активизация инвестиционных процессов после внедрения УАС объясняется улучшением информационно-аналитической поддержки инвестиционных решений, более точной оценкой эффективности проек-

## Влияние модернизации УАС на экологические показатели угольных компаний

Effects of upgrading the accounting and analytical system on the environmental performance of coal companies

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Разность (2023-2020 гг.)
<b>Выбросы CO<sub>2</sub>, тыс. т</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	6 217	5 842	5 426	5 108	-1 109 (-17,8%)
Контрольная группа	6 158	5 974	5 816	5 674	-484 (-7,9%)
Разность (опыт – контроль)	59	-132	-390**	-566***	-625*** (-10,1%)
<b>Доля переработанных отходов, %</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	16,4	19,5	23,7	27,2	10,8
Контрольная группа	16,8	18,3	19,6	21,4	4,6
Разность (опыт – контроль)	-0,4	1,2	4,1**	5,8***	6,2***
<b>Площадь рекультивированных земель, га</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	274	352	419	483	209 (76,3%)
Контрольная группа	281	327	364	398	117 (41,6%)
Разность (опыт – контроль)	-7	25	55**	85***	92*** (33,6%)
<b>Инвестиции в охрану окружающей среды, млн руб.</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	318,6	392,4	464,7	525,2	206,6 (64,8%)
Контрольная группа	324,8	367,1	408,3	441,8	117,0 (36,0%)
Разность (опыт – контроль)	-6,2	25,3	56,4**	83,4***	89,6*** (28,1%)

Примечание: \*\*, \*\*\* – значимость на уровне 5%, 1% соответственно. Источник: расчеты авторов по данным нефинансовой отчетности предприятий.

тов и оптимизацией структуры капитала на основе риск-ориентированного финансового планирования [8].

Разработанная методология УАС продемонстрировала высокую результативность не только в области повышения экономической эффективности, но и в части улучшения экологических параметров деятельности угольных предприятий. Сравнение динамики показателей экологической ответственности в опытной и контрольной группах обнаруживает существенные расхождения в пользу компаний, внедривших модернизированную УАС (табл. 4).

Так, согласно расчетам по методу «разность разностей», внедрение УАС способствовало сокращению углеродного следа угольных компаний в среднем на 10,1% ( $p < 0,01$ ) по сравнению с предприятиями контрольной группы. Это объясняется тем, что модернизация учетно-аналитической системы позволила наладить более точный мониторинг выбросов парниковых газов, идентифицировать основные источники загрязнения и разработать эффективные мероприятия по их минимизации в рамках корпоративных экологических программ [9].

Аналогичным образом, переход к новому режиму УАС привел к значимому увеличению доли переработки промышленных отходов угледобычи. В опытной группе уровень утилизации отходов в среднем на 6,2 п.п. ( $p < 0,01$ ) превысил соответствующий показатель предприятий, сохранивших традиционную систему учета (см. табл. 4). Импульс развитию циркулярной экономики был обеспечен за счет внедрения автоматизированных систем учета движения отходов, а также применения методов оптимизации снабженческо-сбытовых цепочек для эффективного встраивания вторичных ресурсов в производственный цикл [10].

Важным индикатором повышения экологической ответственности бизнеса в результате модернизации УАС стала активизация процессов рекультивации нарушенных

горными работами земель. Компании, перешедшие на новую учетно-аналитическую модель, продемонстрировали опережающую динамику восстановления ландшафтов. Как показывают оценки «разности разностей», внедрение УАС обеспечило прирост площади рекультивированных территорий в среднем на 33,6% ( $p < 0,01$ ) по сравнению с контрольной группой (см. табл. 4). Этот эффект был достигнут благодаря использованию инструментов геоинформационного мониторинга и пространственной аналитики, позволяющих реализовать риск-ориентированный подход к планированию и контролю рекультивационных работ [11].

Наконец, переход к разработанной методологии УАС нашел отражение в повышении инвестиционной активности угольных компаний в сфере охраны окружающей среды [12]. Согласно полученным оценкам, в результате внедрения новой системы объем «зеленых» инвестиций в среднем на 28,1% ( $p < 0,01$ ) превысил аналогичный показатель в контрольной группе (см. табл. 4). Активизация экологически ориентированной инвестиционной деятельности объясняется переходом к модели устойчивого финансирования на основе принципов ответственного инвестирования и «зеленой» экономики, интегрированных в архитектуру модернизированной УАС [13].

Предложенная методология УАС также продемонстрировала высокую эффективность в части управления кадровым потенциалом угольных предприятий. Проведенный анализ показал, что внедрение новой учетно-аналитической системы привело к значимому улучшению ключевых показателей работы с персоналом по сравнению с компаниями, сохранившими традиционную модель УАС (табл. 5, рис. 3).

Так, модернизация УАС привела к сокращению среднесписочной численности сотрудников в опытной группе в среднем на 1,8% ( $p < 0,05$ ) относительно контрольной



**Влияние модернизации УАС на показатели управления персоналом угольных компаний**

Effects of upgrading the accounting and analytical system on the indicators of human resources management in coal companies

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Разность (2023-2020 гг.)
<b>Среднесписочная численность, чел.</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	12 674	12 538	12 415	12 327	-347 (-2,7%)
Контрольная группа	12 715	12 689	12 652	12 598	-117 (-0,9%)
Разность (опыт – контроль)	-41	-151*	-237**	-271***	-230** (-1,8%)
<b>Средняя заработная плата, тыс. руб./мес.</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	68,4	72,3	76,8	81,7	13,3 (19,4%)
Контрольная группа	67,9	70,6	73,1	76,2	8,3 (12,2%)
Разность (опыт – контроль)	0,5	1,7*	3,7***	5,5***	5,0*** (7,3%)
<b>Коэффициент текучести кадров, %</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	14,6	13,2	11,8	10,5	-4,1
Контрольная группа	14,4	13,8	13,3	12,6	-1,8
Разность (опыт – контроль)	0,2	-0,6*	-1,5***	-2,1***	-2,3***
<b>Затраты на обучение персонала, тыс. руб./чел.</b>					
Опытная группа (внедрившие УАС)	8,2	9,6	11,4	13,1	4,9 (59,8%)
Контрольная группа	8,4	9,1	9,8	10,6	2,2 (26,2%)
Разность (опыт – контроль)	-0,2	0,5*	1,6***	2,5***	2,7*** (32,9%)

Примечание: \*, \*\*, \*\*\* – значимость на уровне 10%, 5%, 1% соответственно. Источник: расчеты авторов по данным социальной отчетности предприятий.

Динамика показателей управления персоналом в угольных компаниях после внедрения модернизированной УАС (2020-2023 гг.)

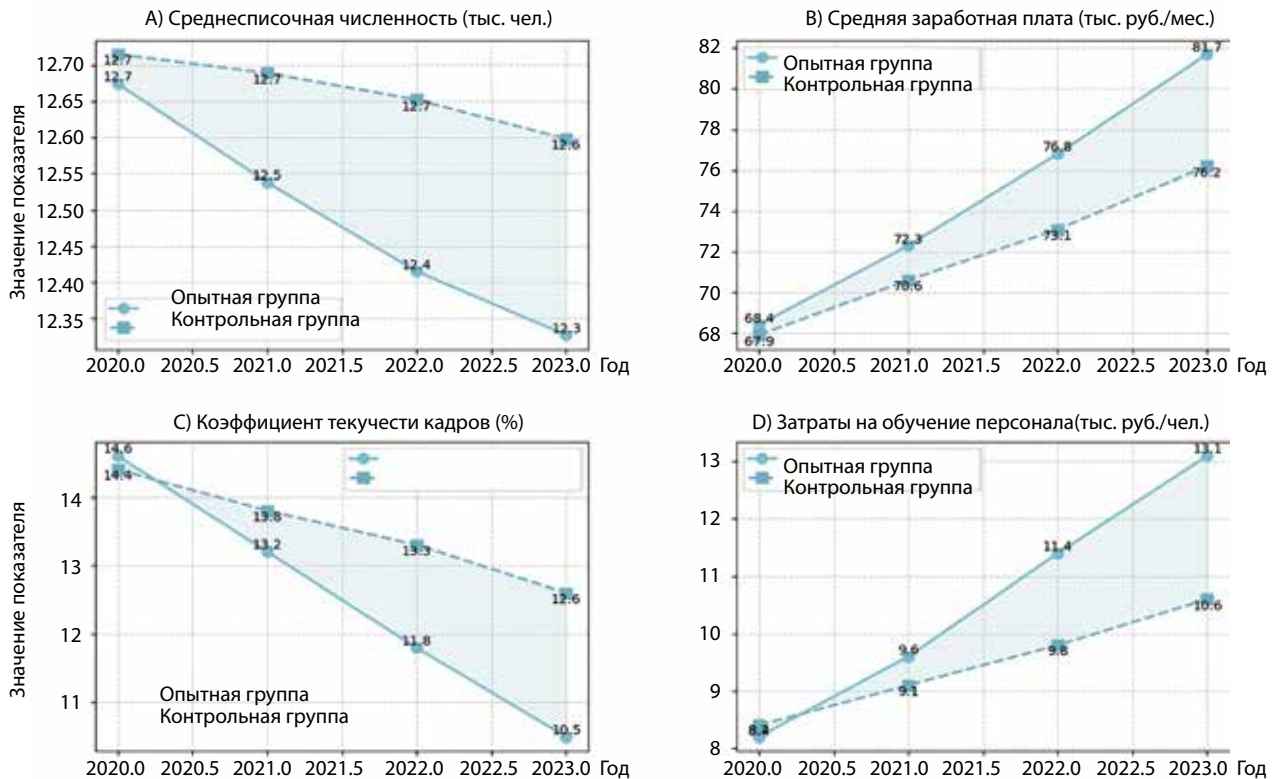


Рис. 3. Сравнительный анализ ключевых показателей управления персоналом в угольных компаниях после внедрения модернизированной УАС (2020-2023 гг.)

Fig. 3. A comparative analysis of key indicators of human resources management in coal companies after implementation of the upgraded accounting and analytical system (2020-2023)

выборки (см. табл. 5). Оптимизация численности персонала стала возможной благодаря автоматизации рутинных учетных операций и высвобождению рабочего времени специалистов для выполнения более сложных аналитических задач [14, 15]. При этом сокращение штата сопровождалось повышением среднего уровня оплаты труда: в компаниях, внедривших новую УАС, заработная плата росла опережающими темпами и в среднем на 7,3% ( $p < 0,01$ ) превысила показатели контрольной группы. Таким образом, наряду с количественной оптимизацией произошло качественное улучшение структуры занятости на предприятиях.

Переход к модернизированной УАС также способствовал снижению текучести кадров. Коэффициент оттока персонала в опытной группе в среднем на 2,3 п.п. ( $p < 0,01$ ) уступил соответствующему показателю предприятий, сохранивших традиционную учетную модель (см. табл. 5). Позитивное влияние внедрения УАС на стабильность трудовых коллективов объясняется повышением вовлеченности и удовлетворенности сотрудников в результате улучшения информационно-коммуникационных процессов, облегчения доступа к данным и знаниям, необходимым для эффективной работы [16, 18].

Наконец, усовершенствование УАС стимулировало инвестиции в человеческий капитал. По оценкам «разности разностей», удельные затраты на профессиональное развитие персонала в компаниях, внедривших новую систему, в среднем на 32,9% ( $p < 0,01$ ) превзошли расходы на обучение в контрольной группе (см. табл. 5). Активизация образовательных программ обусловлена возросшими требованиями к компетенциям сотрудников финансово-экономических служб в условиях цифровой трансформации учетно-аналитических процессов [15]. Инвестируя в передовые навыки и знания персонала, предприятия формируют стратегический задел для дальнейшего совершенствования УАС и успешной адаптации к вызовам турбулентной экономической среды.

Таким образом, результаты исследования убедительно свидетельствуют о ведущей роли учетно-аналитического обеспечения в повышении устойчивости и конкурентоспособности угольных предприятий в условиях фрагментарной экономики. Внедрение разработанной методологии УАС, ориентированной на достижение стратегических целей бизнеса с учетом отраслевой специфики и факторов нестабильности, создает надежный фундамент для поступательного социально-экономического развития угольных компаний.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования демонстрируют высокую эффективность разработанной методологии учетно-аналитической системы (УАС) для повышения устойчивости угольных предприятий в условиях фрагментарности экономики. Внедрение предложенной УАС обеспечило рост рентабельности продаж в среднем на 0,78 п.п. при снижении волатильности цен на 1 п.п., увеличение производительности труда на 8,4%, сокращение удельного расхода электроэнергии на 6,7%, повышение загрузки оборудования на 3,8 п.п. Выручка от реализации угля в

компаниях, перешедших на новую систему, в среднем выросла на 10,7%, чистая прибыль – на 26,4%, EBITDA – на 11,3%, инвестиции в основной капитал – на 19% по сравнению с контрольной группой.

Переход к модернизированной УАС способствовал сокращению углеродного следа угольных предприятий на 10,1%, увеличению доли переработки отходов на 6,2 п.п., приросту площади рекультивированных земель на 33,6%, активизации «зеленых» инвестиций на 28,1% относительно компаний, сохранивших традиционную учетную модель. Оптимизация управления персоналом на основе новой УАС обеспечила сокращение среднесписочной численности на 1,8% при повышении зарплаты на 7,3%, снижение текучести кадров на 2,3 п.п., увеличение инвестиций в человеческий капитал на 32,9%.

Полученные результаты вносят вклад в развитие теории и методологии управленческого учета в условиях глобальной нестабильности. Они углубляют научные представления о механизмах влияния фрагментарности экономики на деятельность предприятий угольной отрасли, дополняют концептуальные основы формирования риск-ориентированных УАС, проблематизируют традиционные подходы к учетно-аналитическому обеспечению управленческих решений. Разработанная методология развивает инструментарий интегрированного учета и отчетности, расширяет горизонты применения предиктивной аналитики и автоматизации учетных процессов в добывающих отраслях.

Таким образом, исследование закладывает теоретический и эмпирический фундамент перехода угольных компаний к учетно-аналитическим системам нового поколения, обеспечивающим повышение адаптивности, устойчивости и конкурентоспособности бизнеса перед лицом глобальных вызовов. Дальнейшие изыскания целесообразно направить на расширение опыта применения предложенной методологии УАС, совершенствование ее аналитического инструментария, адаптацию к специфике других отраслей ТЭК.

## Список литературы • References

1. Azhgaliyeva D., Kapoor A., Liu Y. Green Bonds for Financing Renewable Energy and Energy Efficiency in South-East Asia: A Review of Policies. *J. Sustainable Finance Investment*. 2020;(10):113-140. DOI: 10.1080/20430795.2019.1704160.
2. Bournival G., Yoshida M., Cox N. et al. Analysis of a coal preparation plant. Part 1. Changes in water quality, coal seam, and plant performance. *Fuel Processing Technology*. 2019;(190):67-80. DOI: 10.1016/j.fuproc.2019.03.022.
3. Chen Q., Ning B., Pan Y., Xiao J. Green Finance and Outward Foreign Direct Investment: Evidence from a Quasi-Natural Experiment of Green Insurance in China. *Asia Pac. J. Manag.* 2021. DOI: 10.1007/s10490-020-09750-w.
4. Xia P., Yuan B., Lu G., Wang Y., Zhang Y., Zhang L., Shu Y. Carbon Peak and Carbon Neutrality Path for China's Power Industry. *Chin. J. Eng. Sci.* 2021;(23):1-14.
5. Zhang S., Chen W. Assessing the energy transition in China towards carbon neutrality with a probabilistic framework. *Nat. Commun.* 2022;(13):87.
6. Khoruzhy L.I., Katkov Yu.N., Khoruzhy V.I., Romanova A.A., Katkova E.A. Forming an adaptive model of inter-organisational manage-

- ment accounting in agribusiness organisations within the context of covid-19 spreading. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2023;9(1):195-204.
7. Khoruzhy L., Katkov Yu., Katkova E., Romanova A., Dzhikiya M. Introduction of environmental monitoring for the sustainable development of the agro-industrial complex: the method of the genuine savings index. *Journal of Law and Sustainable Development*. 2023;11(5):471.
  8. Khoruzhy L.I., Katkov Yu.N., Khoruzhy V.I., Romanova A.A. Model of a cybernetic internal control system for provisioning inter-organizational management accounting of agricultural organisations. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2022;9(1):257-266.
  9. Khoruzhy L.I., Katkov Yu.N., Khoruzhy V.I., Romanova A.A., Katkov E.A. Reporting system in the adaptive accounting and analytical system of providing inter-organizational collaboration of AIC organizations. *AIP Conference Proceedings*. 2021;(2442).
  10. Romanova A.A. Conceptual model for the implementation of an active adaptive information and analytical system in the contour of self-organizational management systems. *Journal of Lifestyle and SDG'S Review*. 2025/
  11. Khoruzhiy L.I., Romanova A.A. Control in the inter-organizational management accounting system. *E3S Web of Conferences*. 2020;(222).
  12. Ачкасов С.О. Развитие управленческого учета в организациях железнодорожного транспорта: диссертация ... канд. экон. наук: 08.00.12 / Ачкасов С.О. Саратов, 2015. 200.
  13. Голодников А.Е., Ефремов А.А., Соболев Д.В., Цыганков Д.Б., Шкляр М.С. Регуляторная политика в России: основные тенденции и архитектура будущего. Доклады ЦСР, 2018.
  14. Иванов Н.А., Сарычев А.Е., Стоянова И.А. Роль угля в мировом энергопереходе // Горная промышленность. 2023. № 4. С. 102-108. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-4-102-108.  
Ivanov N.A., Sarychev A.E., Stoyanova I.A. Role of coal in global energy transition. *Gornaya promyshlennost'*. 2023;(4):102-108. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2023-4-102-108.
  15. Куликова А.А., Овчинникова Т.И. К вопросу снижения геоэкологических рисков на горнодобывающих предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 2-1. С. 251-262.  
Kulikova A.A., Ovchinnikova T.I. On the issue of reducing geoeological risks at mining enterprises. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2021;(2-1):251-262. (In Russ.).
  16. Латышева А.Ю. Развитие учетно-аналитической системы управления затратами угольных предприятий: диссертация ... канд. экон. наук: 08.00.12 / Латышева А.Ю. Воронеж, 2014. 180 с.
  17. Разработка интеллектуальной системы управления процессами добычи и обогащения угля на основе технологий искусственного интеллекта и промышленного интернета вещей / Т.С. Мещерякова, З.А. Арсаханова, А.В. Бровкин и др. // Уголь. 2024. № 12. С. 89-98. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-89-98.  
Meshcheryakova T.S., Arsakhanova Z.A., Brovkin A.V., Shamuhame-tova E.S., Bokov Yu.A. Development of an intelligent control sys-tem for coal mining and processing processes based on artificial intelligence technologies and the industrial Internet of things. *Ugol'*. 2024;(12):89-98. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-89-98.
  18. Романова А.А., Забайкин Ю.В. Методика развития эффективно-ориентированных трудовых отношений в производственных организациях: комплексный подход // Уголь. 2024. № 12. С. 79-88. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-79-88.  
Romanova A.A., Zabaikin Yu.V. Methodology for the develop-ment of effectively-oriented labor relations in industrial organi-zations: an integrated approach. *Ugol'*. 2024;(12):79-88. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-79-88.

#### Authors Information

**Romanova A.A.** – PhD (Economic), Research Associate at the Research and Educational Laboratory for “Advanced Technologies” of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, 123434, Russian Federation, Associate Professor at the Department of Informatics and Computing Technology for Food Production of the Russian Biotechnological University (RosBioTech), Moscow, 125080, Russian Federation, e-mail: romanovargaymsha@mail.ru

**Katkov Yu.N.** – PhD (Economic), Associate Professor at the Department of Finance and Credit, Institute of Economics and Management, Russian State University for the Humanities, Moscow, 125047, Russian Federation, e-mail: kun95@yandex.ru

**Zabaikin Yu.V.** – PhD (Economic), Associate Professor at the Department of Automation of Technological Processes of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, 119991, Russian Federation, e-mail: 89264154444@yandex.ru

**Lyutyagin D.V.** – PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Production and Financial Management, Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze, Moscow, 117485, Russian Federation, Member of the Board of Directors, Stock Company “North-West Energy Managing Company”, Saint Petersburg, 191167, Russian Federation, Executive Director, ANSGAR LLC, Moscow, 109028, Russian Federation, e-mail: lyutyagindv@mrgi.ru

**Lun'kin D.A.** – PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Humanities, Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze, Moscow, 117485, Russian Federation, e-mail: rabotalun@yandex.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 14.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received February 14, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025



УДК 622.268.12:622.28 © М.С. Филимонов<sup>1</sup>, Е.В. Аушев<sup>2</sup>,  
В.А. Карасев<sup>2</sup>, 2025

UDC 622.268.12:622.28 © M.S. Filimonov<sup>1</sup>, E.V. Aushev<sup>2</sup>,  
V.A. Karasev<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> ООО «Ранк 2», 650000, г. Кемерово, Россия

<sup>1</sup> Rank 2 LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup> ООО НИЦ-ИПГП «РАНК», 650000, г. Кемерово, Россия

<sup>2</sup> RANK Research Center-Institute for Designing Mining Operations LLC,  
Kemerovo, 650000, Russian Federation

✉ e-mail: aushehev@rank42.ru

✉ e-mail: aushehev@rank42.ru

# Особенности работы анкерной крепи в зависимости от податливости и предварительного натяжения

## Features of the anchorage depending on the pliability and pretension

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-47-52>

В статье рассмотрены вопросы работоспособности, эффективности взаимодействия канатной анкерной крепи с массивом в зависимости от конструктивных особенностей. Предложена классификация канатных анкерных крепей по конструктивной податливости. Рекомендована рациональная область применения канатной анкерной крепи в зависимости от режима взаимодействия с углепородным массивом.

**Ключевые слова:** горная выработка, горная крепь, анкерная крепь, канатный анкер, канатный анкер с предварительным натяжением, обрушение горных пород.

**Для цитирования:** Филимонов М.С., Аушев Е.В., Карасев В.А. Особенности работы анкерной крепи в зависимости от податливости и предварительного натяжения // Уголь. 2025;(4):47-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-47-52.

### Abstract

The article discusses the issues of operability and efficacy of interaction between cable bolts support and the rock mass, depending on their design features, have been analyzed. The classification of cable bolts support based on structural compliance has been proposed. A rational scope of application for cable bolt supports has been recommended, depending on the interaction regime with the coal-rock mass.

### Keywords

Underground workings, ground support, cable bolt support, pretensioned cable bolt, rock fall.

### For citation

Filimonov M.S., Aushev E.V., Karasev V.A. Features of the anchorage depending on the pliability and pretension. *Ugol'*. 2025;(4):47-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-47-52.

### ФИЛИМОНОВ М.С.

Технический директор ООО «РАНК 2»,  
650000, г. Кемерово, Россия

### АУШЕВ Е.В.

Заместитель технического директора  
по научной работе и инновациям  
ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: aushehev@rank42.ru

### КАРАСЕВ В.А.

Ведущий специалист по инновационному  
развитию ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: ipgp@rank42.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Сооружение, безремонтное поддержание, безаварийная работа подземных горных выработок являются неотъемлемыми составляющими стабильной работы предприятий при эксплуатации месторождений полезных ископаемых подземным способом и подземных объектов различного назначения.

Затраты при непосредственном сооружении подземных горных выработок являются наиболее значимой статьёй расходов, удельный вес которых составляет до 70% общих затрат.

На основе анализа статистики причин аварий в угольных шахтах, происходящих в подготовительных выработках, проводимых по полезному ископаемому и связанных с обрушением угля и вмещающих горных пород, они от общего числа аварий, по оценкам разных источников, составляют от 14 до 28%.

Производственные аварии, вызванные обрушениями угля и вмещающих горных пород, остаются одними из наиболее тяжелых по характеру своего травмирующего воздействия на человека и на общую деятельность горнодобывающего предприятия.

В связи с тем, что аварийность при подземной угледобыче продолжает оставаться на высоком уровне, в практике горного дела с целью снижения аварийной опасности производства необходимо уделять особое внимание качеству в технологии проведения и крепления горных выработок. На сегодняшний день анкерная крепь является самой применяемой крепью на угольных шахтах России. И вполне очевидно, учитывая большое разнообразие и высокую изменчивость горно-геологических условий, что еще остаются возможности совершенствования и создания альтернативных вариантов анкерной крепи на основе изучения ее взаимодействия с углепородным массивом [1].

Несмотря на конструктивное разнообразие разработанных и применяемых анкерных крепей, основополагающим фактором, определяющим ее эффективность, и, как следствие, популярность, является то, что данная крепь работает не самостоятельно, а дополняет и улучшает прочностные свойства окружающего углепородного массива, активно с ним взаимодействуя [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Взаимодействие анкерной крепи с углепородным массивом происходит с момента ее установки, а конструктивные особенности крепи определяют то, насколько интенсивным является это взаимодействие.

Несмотря на то, что в технологии анкерного крепления был достигнут большой прогресс, типовая анкерная крепь не всегда удовлетворительно показывает себя при большой глубине и в сложных условиях. В связи с этим выделяют несколько основных проблем:

- невозможность создания контролируемого осевого натяжения для поджатия элементов поверхностной крепи к кровле вследствие несовершенства геометрических параметров литых и прокатных резьбовых соединений и изменчивости коэффициента трения под внешними факторами (коррозия и загрязнение);

- пренебрежение важностью характеристик элементов поверхностной крепи (шайб, затяжки, подхватов) и их ответственности условиям эксплуатации;

- корректность выбора длины, плотности, способа закрепления и роли крепи усиления при взаимодействии с массивом горных пород. Не всегда высокая плотность анкерования увеличивает качество крепления, но повышает материалоемкость и стоимость крепи.

Например, в 2023 г. канатная анкерная крепь с предварительным натяжением АК01-30ПН проходила испытания в условиях ООО «Шахта «Осинниковская» и шахты «Северная» АО «Ургалуголь» и была рекомендована для усиления пород кровли выработок в сложных горно-геологических условиях, на сопряжениях, для доставки оборудования и материалов, передвижения людей, в монтажных камерах, в местах образования отслоений, пустот и трещиноватости по кровле в зонах повышенного горного давления. Получены положительное заключение о соответствии крепи заявленным характеристикам и рекомендации по креплению.

На основании многолетнего опыта компании «ПАНК 2» в вопросах проектирования, производства и внедрения анкерной крепи на предприятиях горнодобывающей отрасли [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20] авторами предлагается применяемую на практике канатную анкерную крепь разделить на три условные группы (на примере канатных анкеров глубокого заложения):

- первая группа – податливая (рис. 1);
- вторая группа – со сниженной податливостью (рис. 2);
- третья группа – с предварительным натяжением (рис. 3).

Рассмотрим развитие деформаций в приконтурном массиве проводимых и закрепляемых горных выработок и взаимодействие с ним различных групп анкерной крепи [2, 3].

При использовании анкерной крепи первой группы (податливая анкерная крепь), обладающей изначально невысокой конструктивной жесткостью и выраженной податливостью элементов анкерной крепи, может происходить образование деформаций в сложных горно-геологических условиях (рис. 4).

На первом этапе, после извлечения горной массы, происходит разгрузка горного массива, в результате чего развиваются упругие и пластические деформации, приводящие к провисанию кровли и развитию начальной трещиноватости.

На втором этапе, во время установки анкерной крепи, горный массив не подвергается изменениям, так как предварительное натяжение незначительно и неконтролируемо, но массив стабилизируется, дальнейшему развитию деформаций препятствует анкерная крепь.

На третьем этапе, во время эксплуатации горной выработки, при достижении определенного уровня нагрузок происходит деформация приконтурного массива, обусловленная конструктивной податливостью элементов анкерной крепи (растяжение и распрямление жил каната, выбирание зазоров между элементами крепи, деформация элементов поверхностной крепи и т.д.).

Анкерная крепь второй группы (анкерная крепь со сниженной податливостью) обладает повышенной начальной жесткостью и предназначена противостоять образованию

**AK01, AK08**

21 т – 32 т



Рис. 1. Податливая канатная анкерная крепь  
Fig. 1. Cable bolt with structural compliance

**AK01-21H  
AK01-21H(м)  
AK01-30H(м)**

21 т – 32 т



Рис. 2. Канатная анкерная крепь со сниженной податливостью  
Fig. 2. Reduced-compliance cable bolt

**AK01-30HПН**

32 т



Рис. 3. Канатная анкерная крепь с предварительным натяжением  
Fig. 3. Pretensioned cable bolt

расслоений и трещин приконтурного массива горных выработок. Податливость анкера снижена за счет использования в конструкции каната прямых жил и отсутствия свивки пряди, изменений в конструкции заделки муфты. А использование метрической резьбы на муфте анкера позволяет создать более высокое и контролируемое натяжение при установке анкера.

Снижение податливости анкерной крепи сокращает величину смещений и деформаций, что позволяет обеспечить оптимальное состояние горной выработки в сложных горно-геологических условиях (рис. 5).

На первом и втором этапах поведение приконтурного массива горных выработок и взаимодействие крепи схожи с использованием податливой анкерной крепи. На третьем этапе (при эксплуатации горной выработки), при достижении определенного уровня нагрузок, деформация приконтурного массива происходит в ограниченных пределах за счет более высокой жесткости и меньшей податливости элементов анкерной крепи и меньшего растяжения грузонесущего стержня анкера.

Третья группа анкерной крепи (с предварительным натяжением) отличается возможностью создания значительного контролируемого предварительного натяжения. Данная крепь позволяет обеспечить наилучшее состояние горной выработки в сложных горно-геологических условиях, а в отдельных случаях – сократить объем крепления за счет более эффективного использования материалов. Этапы взаимодействия предварительно натяженной анкерной крепи с приконтурным массивом приведены на рис. 6.

На первом этапе (после извлечения горной массы при проведении выработки) происходит разгрузка



Рис. 4. Динамика конвергенции выработки и взаимодействие крепи с приконтурным массивом при креплении податливой анкерной крепью

Fig. 4. Dynamics of excavation convergence and the interaction of the support with the near-contour rock mass when using a compliant rock bolt support

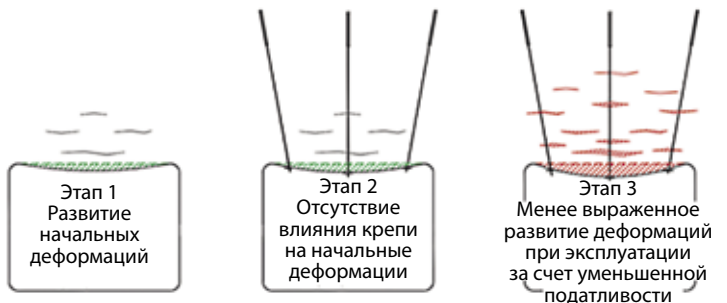


Рис. 5. Динамика конвергенции выработки и взаимодействие крепи с приконтурным массивом при креплении анкерной крепью со сниженной податливостью

Fig. 5. Dynamics of excavation convergence and the interaction of the support with the near-contour rock mass when using a reduced-compliance rock bolt support



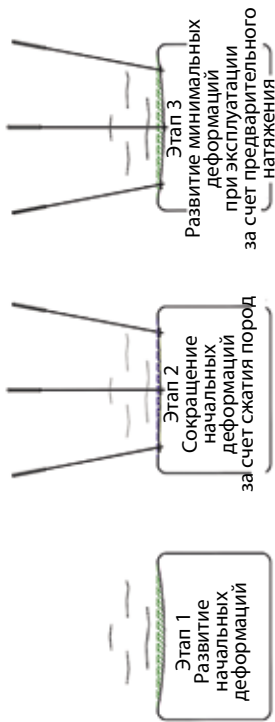


Рис. 6. Динамика конвергенции выработки и взаимодействие крепи с приконтурным массивом при креплении анкерной крепью с предварительным натяжением  
 Fig. 6. Dynamics of excavation convergence and the interaction of the support with the near-contour rock mass when using a pretensioned rock bolt

Сравнение показателей анкерных систем

Comparison of rock bolt system performance indicators

Группа, тип анкерной системы	I группа, анкерная система с классическим канатным анкером	II группа, анкерная система с канатным анкером со сниженной податливостью	III группа, анкерная система с предварительно натяженным канатным анкером
Конструктивная податливость анкера, $\Delta$ , мм	$(10-15)+0,013L$ , где $L$ – длина анкера	$0,003L$ , где $L$ – длина анкера	0
Предварительное натяжение при установке	Незначительное (из-за низкого коэффициента передачи затяжки гайки к осевое усилие)	Контролируемое, до 20 кН	Есть, от 50 кН до 200 кН (натяжение тела анкера)
Податливость анкерной системы	– растяжение каната и смещения каната в муфте; – смещения в зазорах между элементами крепи; – неплотное прилегание поверхностной крепи к контуру выработки; – деформация поверхностной крепи; – деформации демпферных элементов	– растяжение грузонесущего стержня; – неплотное прилегание поверхностной крепи к контуру выработки; – деформация поверхностной крепи; – деформации демпферных элементов	– отсутствует, в связи с предварительным натяжением, за исключением деформации демпферных элементов при критической нагрузке
Режим взаимодействия с массивом горных пород	«Мягкая» реакция на развитие деформаций в массиве и плавный переход в жесткое взаимодействие после реализации податливости	«Жесткое» взаимодействие с массивом с момента установки, податливость незначительная	«Активное» взаимодействие с массивом с момента установки за счет передачи усилия натяжения в массив, сжимающие напряжения уравниваются растягивающие
Преимущества и улучшение технологических показателей	Дупрочнение канатными анкерами кровли выработок посредством подвески неустойчивой части кровли к устойчивой	Осуществление более качественной затяжки и снижение уровня эксплуатационных деформаций	Создание жесткой конструкции «анкер-массив» с большей нагрузочной способностью. Увеличение эффективности поддержания горных выработок
Рациональная область применения	Усиление крепи горных выработок в зоне влияния очистных работ и широких горных выработок (сопряжений)	Усиление крепи горных выработок в зоне влияния очистных работ и широких горных выработок (сопряжений). Применение аккерной крепи в слабых горных породах. Использование в качестве крепи первого уровня	Усиление крепи горных выработок в зоне влияния очистных работ и широких горных выработок (сопряжений) в сложных горно-геологических условиях и на больших глубинах. Выполнение ремонтных работ для стабилизации аварийных участков выработок. Крепление выработок без анкеров первого уровня

горного массива, в результате чего развиваются упругие и пластические деформации, приводящие к провисанию кровли и развитию начальной трещиноватости в приконтурном массиве.

На втором этапе (во время установки анкерной крепи), при предварительном натяжении анкерной крепи и создании сжимающих напряжений в массиве, происходят ликвидация начальных деформаций и уменьшение (закрытие) трещин, что повышает жесткость горного массива. Предварительное натяжение обеспечивает плотный контакт поверхностной крепи с контуром горной выработки и сокращает податливость, а созданные сжимающие напряжения при эксплуатации выработки будут уравновешивать растягивающие.

На третьем *этапе* (при эксплуатации горной выработки), анкерная крепь оказывает активное сопротивление развитию деформаций с момента установки, высокий уровень жесткости и отсутствие податливости обеспечивают минимальный уровень развития деформаций (смещений). Помимо этого, за счет предварительного натяжения крепь глубокого заложения действует не только в режиме подвешивания, но и в режиме формирования мощной высокопрочной балки. Сравнение показателей применяемых анкерных систем приведено в *таблице*.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение канатной анкерной крепи с предварительным натяжением в сравнении с классическими канатными анкерами и канатными анкерами со сниженной податливостью позволяет [15, 16, 17, 18, 19, 20]:

- закрыть возникшие трещины (полностью или частично), что создает возможность для перераспределения напряжений;
- повысить трение на контактах фрагментов горных пород, что эквивалентно увеличению качества массива;
- повысить начальную жесткость системы «анкер-массив», что снижает степень и скорость развития деформаций массива;
- уменьшить смещения на 70-90% в аналогичных условиях;
- при увеличении размера выработки эффект от наличия предварительного натяжения становится выше;
- предварительное натяжение канатных анкеров кровли приводит к скреплению блоков горного массива в своего рода пакет, который менее подвержен деформации.

Разделение анкерной крепи на группы по характеру взаимодействия с массивом, в частности анкеров глубокого заложения, позволяет формировать более обоснованный и эффективный подход к проектированию крепи горных выработок:

- учитывать конструктивные особенности канатных анкеров и применять их для соответствующих горно-геологических условий и решений конкретных горнотехнических задач;
- расширить область применения канатной анкерной крепи, в том числе при комбинированном креплении и различных способах закрепления и стабилизации углепородного массива в сложных горно-геологических условиях;

- повысить эффективность применения канатных анкеров в зонах влияния очистных работ, на сопряжениях горных выработок;

- пересмотреть подход к выполнению восстановительных работ на аварийных участках горных выработок, приняв во внимание более высокую эффективность анкерной крепи с предварительным натяжением в части стабилизации массива;

- повысить безопасность, эффективность и комфортность ведения горных работ;

- снизить затраты на крепь и трудоемкость ее монтажа в сравнении с другими видами крепи.

Ввиду сравнительно малого опыта применения преднатяженной анкерной крепи на горных предприятиях Российской Федерации требуются проведение дополнительных испытаний в различных горно-геологических условиях и исследование влияния предварительного натяжения на эффективность и работоспособность крепи с последующей разработкой универсальной методики расчета и обоснованием схем крепления и величины предварительного натяжения.

### Список литературы • References

1. Еременко В.А., Разумов Е.А., Заятдинов Д.Ф. Современные технологии анкерного крепления // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 12. С. 38-45.  
Eremenko V.A., Razumov E.A., Zayatdinov D.F. Modern anchorage technologies. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2012;(12):38-45. (In Russ.).
2. Исследование деформированного состояния приконтурного углепородного массива вокруг горной выработки с анкерным креплением / В.Ф. Демин, В.С. Портнов, Т.В. Демина и др. // Уголь. 2019. № 7. С. 72–77. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-72-77.  
Demin V.F., Portnov V.S., Demina T.V., Zhumabekova A.E. Studying stress-strain state of border carbon massif around mine working with roof bolting. *Ugol'*. 2019;(7):72-77. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-72-77.
3. Корчак А.В, Мороз А.И. Экспериментальные исследования эффективности активной анкерной крепи кровли выработки в раздельно-зернистой породе // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 2.  
Korchak A.V., Moroz A.I. Experimental studies of the effectiveness of active anchoring of the roof of a mine in a separate granular rock. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2011;(2). (In Russ.).
4. Литвинский Г.Г. Горная крепь: эволюция развития и критерии технической эффективности // Сборник научных трудов ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ». 2019. № 15. С. 5-18.  
Litvinsky G.G. Mine support: evolution of development and criteria of technical efficiency. *Sbornik nauchnykh trudov DonSTU*. 2019;(15): 5-18. (In Russ.).
5. Напряженно-деформированное состояние приконтурного углепородного массива / В.Ф. Демин, Д.С. Шонтаев, Т.К. Балгабеков и др. // Уголь. 2020. № 5. С. 63-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-5-63-67.  
Demin V.F., Shontayev D.S., Balgabekov T.K., Shontayev A.D., Kongkybayeva A.N. Stressed-deformed state of the boundary-carbon array. *Ugol'*. 2020;(5):63-67. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-5-63-67.

6. Повышение эффективности анкерного крепления горных выработок путем применения «активных» методов управления состоянием массива горных пород / Е.А. Разумов, С.И. Калинин, В.Г. Венгер и др. // Горный журнал. 2021. № 1. С. 27-30. Razumov E.A., Kalinin S.I., Wenger V.G., Pudov E.Y. Improving the efficiency of anchoring of mine workings by applying "active" methods of controlling the condition of the rock mass. *Gornyj zhurnal*. 2021;(1):27-30. (In Russ.).
7. Технология применения податливых анкеров при смешанном креплении в эксплуатационных выработках / В.Ф. Демин, Е.А. Абеуов, Д.Р. Ахматнуров и др. Уголь. 2025. № 2. С. 100-105. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-2-100-105. Demin V.F., Abeuov E.A., Akhmatnurov D.R., Musin R.A., Zamiliev N.M. Technology for the use of malleable anchors with mixed bonding in operational workings. *Ugol'*. 2025;(2):100-105. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-2-100-105.
8. David Bigby, Ken Hurt, Chris Reynolds, Robert Brown. Evaluation of tensioned and non-tensioned long tendon reinforcement in UK deep mining conditions. *Prepared by Rock Mechanics Technology Limited for the Health and Safety Executive*. 2010.
9. Esterhuizen G.S., Tulu I.B. Analysis of alternatives for using cable bolts as primare support at two lowseam coal mines. Conference Record – International Journal Of Mining Science And Technolodgy. 2016:23-30.
10. Kang Hong-pu, Lin Jian, Wu Yong-zheng. Development of high pretensioned and intensive supporting system and its application in coal mine roadways. The 6th International Conference on Mining Science & Technology. *Procedia Earth and Planetary Science* 1. 2009:479-485.
11. Shreedharan S., Kulatilake P.H.S.W. Discontinuum – equiwalent continuum analysis of the stability of tunnels in a deep coal mine using the distinet element method. *Rock Mehanics And Rock Engineering*. Springer Verlag Wien. 2016;49(5):1903–1922.
12. Vahid Hosseinitoudeshki, Sasan Fazeli. The effect of pretensioning in the rockbolts on the displacement around tunnels. *JNAS Journal*. 2014;3(1):78-83.
13. Zbigniew Rakl, Jerzy Cieślki, Jerzy Stasical, Pavel Dvořák. The importance of pre-tensioning cable bolts used to reinforce of arch yielding support. AG 2018. 4th International Conference on Applied Geophysics.
14. Канатный анкер АК01: предварительно пройденные демонтажные камеры / Е.А. Разумов, Ф.А. Анисимов, Г.В. Райко и др. // Уголь. 2011. № 7. С. 20-22. <https://ugolinfo.ru/Free/072011.pdf>. Razumov E.A., Anisimov F.A., Raiko G.V., Grechishkin P.V. Anchor AK01: preliminary passed dismantling chambers. *Ugol'*. 2011;(7):20-22. <https://ugolinfo.ru/Free/072011.pdf>. (In Russ.).
15. Лысенко М.В., Аушев Е.В., Дорохин Н.С. Поддержание широких горных выработок и сопряжений двухуровневой анкерной крепью // Горная механика и машиностроение. 2021. № 2. С. 5-12. Lysenko M.V., Aushev E.V., Dorokhin N.S. Maintenance of wide mine workings and connections with two-level anchoring. *Gornaya mekhanika i mashinostroenie*. 2021;(2):5-12. (In Russ.).
16. Канатный анкер АК 01: крепление подвешной монорельсовой дороги / М.В. Лысенко, А.В. Самок, Г.В. Райко и др. // Уголь. 2011. № 6. С. 47-49. <https://ugolinfo.ru/Free/062011.pdf>. Lysenko M.V., Samok A.V., Raiko G.V., Grechishkin P.V. Anchor AK 01: fastening of pendant monorail road. *Ugol'*. 2011;(6):47-49. <https://ugolinfo.ru/Free/062011.pdf>. (In Russ.).
17. Опыт усиления крепи подземных горных выработок неподатливыми канатными анкерами АК01-21Н в сложных горно-геологических условиях/ А.А. Дудин, Н.А. Ефимушкин, А.С. Соколов и др. // Уголь. 2021. № 1. С. 11-13. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-11-13. Dudin A.A., Efimushkin N.A., Sokolov A.S., Pundel A.A., Yurkov A.A., Matveev A.S., Vachrushev E.V., Zlobin S.E., Shihanov E.A. Experience in reinforcement of underground mine support with the AK01-21H intractable rope bolts in complex mining and geological conditions. *Ugol'*. 2021;(1):11-13. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-11-13.
18. Особенности деформирования вмещающих пород подземных горных выработок в неоднородном поле геотектонических напряжений на примере пласта В12 шахты «Северная» АО «Ургалуголь» / Г.Л. Феофанов, Е.В. Аушев, В.Н. Фрянов и др. // Уголь. 2017. № 3. С. 16-20. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-3-16-20. Feofanov G.L., Aushev E.V., Fryanov V.N., Lysenko M.V., Aikin A.V. Specific features of underground mining host rocks deformation in non-uniform geotectonic stress field with reference to "Urgalugol", JSC, "Severnaya" mine, B12 coal bed. *Ugol'*. 2017;(3):16-20. (In Russ.).
19. Райко Г.В., Гречишкин П.В. Бесфундаментный монтаж станций конвейеров в подземных горных выработках с применением анкерной крепи // Маркшейдерия и недропользование. 2012. № 4. С. 26-27. Raiko G.V., Grechishkin P.V. Foundation-free installation of conveyor stations in underground mining operations using anchoring. *Markshejderiya i nedropol'zovanie*. 2012;(4):26-27. (In Russ.).
20. Самок А.В., Райко Г.В., Гречишкин П.В. Канатный анкер АК 01: широкие выработки и их сопряжения // Уголь. 2011. № 5. С. 80-82. Samok A.V., Raiko G.V., Grechishkin P.V. Rope anchor AK 01: wide developments and their interfaces. *Ugol'*. 2011;(5):80-82. <https://ugolinfo.ru/Free/052011.pdf>. (In Russ.).

#### Authors Information

**Filimonov M.S.** – Technical Director, Rank 2 LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation

**Aushev E.V.** – Deputy Technical Director on Research and Innovations, RANK Research Center-Institute for Designing Mining Operations LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: [aushevev@rank42.ru](mailto:aushevev@rank42.ru)

**Karasev V.A.** – Leading Specialist for Innovative Development, RANK Research Center-Institute for Designing Mining Operations LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: [ipgp@rank42.ru](mailto:ipgp@rank42.ru)

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 14.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received February 14, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025



УДК 622.232.8 © В.П. Тащиенко✉, Г.Д. Буялич,  
К.А. Бубнов, Д.В. Царев, 2025

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет  
им. Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия  
✉ e-mail: tatsienkovp@kuzstu.ru

UDC 622.232.8 © V.P. Tatsienko✉, G.D. Buyalich,  
K.A. Bubnov, D.V. Tsarev, 2025

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University,  
Kemerovo, 650000, Russian Federation  
✉ e-mail: tatsienkovp@kuzstu.ru

# Применение сбоечно-проходческого агрегата для безопасного проведения межштрековых сбоек

## Application of the cross-cutting and tunnelling unit for carrying out interstrip cuts

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-53-58>

В данной статье приведен сравнительный анализ проведения сбоек проходческим комбайном и сбоечно-проходческим агрегатом. Обычно проходка сбойки выполняется с помощью того же оборудования, которое используется для проходки спаренных штреков, однако используемые проходческие комбайны имеют большие размеры и вес, что приводит к необходимости располагать сбойку по диагонали. В результате длина сбойки увеличивается. Для создания каждой сбойки необходимо остановить работы по проходке основного спаренного штрека и затем, развернув комбайн, начать проходку сбойки, что неизбежно приводит к сдерживанию проходки штрека. Кроме того, использование основного проходческого комбайна при проходке сбоек ведет к необоснованному увеличению их сечения и, как следствие, необоснованному увеличению как материальных, так и трудовых затрат.

На кафедре горных машин и комплексов в Кузбасском государственном техническом университете имени Т.Ф. Горбачева были разработаны способ технологии проведения спаренных штреков и сбоечно-проходческий агрегат для его осуществления.

Сбоечно-проходческий агрегат позволяет избежать необходимости использования проходческого комбайна для проходки сбойки, а его компактность уменьшает размеры сбойки, что повышает безопасное содержание сбоек, а также уменьшает расход материалов для крепления выработки. Использование этой технологии приведет к значительной экономической выгоде, которая будет выражаться в снижении трудозатрат, сокращении потребления материалов, ускорении темпов подготовки очистного забоя и увеличение уровня безопасности труда при проведении и поддержании межштрековых сбоек.

**Ключевые слова:** сбойка, проходческий комбайн, сбоечно-проходческий агрегат, межштрековые сбойки, проходческий забой, горношахтное оборудование, спаренный штрек, безопасность труда.

**Для цитирования:** Применение сбоечно-проходческого агрегата для безопасного проведения межштрековых сбоек / В.П. Тащиенко, Г.Д. Буялич, К.А. Бубнов и др. // Уголь. 2025;(4):53-58. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-53-58.

### ТАЩИЕНКО В.П.

Доктор техн. наук,  
ФГБОУ ВО «Кузбасский  
государственный технический  
университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: tatsienkovp@kuzstu.ru

### БУЯЛИЧ Г.Д.

Доктор техн. наук,  
ФГБОУ ВО «Кузбасский  
государственный технический  
университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: gdb@kuzstu.ru

### БУБНОВ К.А.

Старший научный сотрудник,  
ФГБОУ ВО «Кузбасский  
государственный технический  
университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: bka4444@rambler.ru

### ЦАРЕВ Д.В.

Аспирант,  
ФГБОУ ВО «Кузбасский  
государственный технический  
университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: tsarev@kuzstu.ru

**Abstract**

This article provides a comparative analysis of stope driving by a roadheader and cross-cutting and tunnelling unit. Typically, a straddle is driven with the same equipment used to drive twin drifts, but the roadheaders used are larger and heavier, making it necessary to position the straddle diagonally. As a result, the length of the stack is increased. In order to create each stall, it is necessary to stop the main twin drift and then, after turning the shearer, to start drifting the stall, which inevitably leads to a delay in drifting of the drift. In addition, the use of the main roadheader when sinking the drifts leads to an unreasonable increase in their cross-section and, as a consequence, an unreasonable increase in costs of both material and labour.

At the department of mining machines and complexes in the Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, a method of technology of twin drifts and cross-cutting unit for its implementation were developed.

The cross-cutting and tunnelling unit avoids the need to use a roadheader to pass the shearer, and its compactness reduces the size of the shearer, which increases the safe maintenance of the shearer, as well as reduces the consumption of materials to secure the workings. The use of this technology will result in significant economic benefits in terms of reduced labor costs, reduced material consumption and accelerated rate of preparation of the cleanup face, and increases the level of labor safety in the conduct and maintenance of interstrip joints.

**Keywords**

Stack, roadheader, cross-cutting and tunnelling unit, drift pit, interstrip stacks, roadheader, mining equipment, coupled drifts, occupational safety.

**For citation**

Tatsienko V.P., Buyalich G.D., Bubnov K.A., Tsarev D.V. Application of the cross-cutting and tunnelling unit for carrying out interstrip cuts. *Ugol'*. 2025;(4):53-58. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-53-58.

**ВВЕДЕНИЕ**

На шахтах Кузбасса для оконтуривания очистных забоев все большее применение находит технология проведения горных выработок (штреков) спаренными забоями. При этой технологии обязательно наличие сбоек между спаренными штреками, которые проходятся, как правило, через 200-250 м. Это обусловлено технологическими возможностями применяемого оборудования и техническими потребностями по факторам проветривания, транспорта, доставочных работ, а также для целей водоотведения, дегазации, требований плана ликвидации аварий [1, 2, 3].

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Традиционная проходка сбойки (рис. 1) осуществляется тем же оборудованием, которое применяется при проходке штрека [4, 5, 6]. Однако применяемые при проходке комбайны громоздки, тяжелы и неповоротливы, что предопределяет диагональное расположение сбойки, при этом длина сбойки увеличивается в 1,3-1,5 раза, с 35 м (при целике между штреками, равном 35 м) до 50 м.

На сооружение каждой сбойки требуется выполнение следующих работ: сооружение площадки сопряжения штрека со сбойкой, разворот комбайна из штрека в сбойку, проходка 50 м сбойки, выполнение мероприятий по сбойке с соседним штреком, сооружение площадки сопряжения при сбойке с соседней выработкой, перегон комбайна и демонтаж оборудования из пройденной сбойки, разворот комбайна на прежнее положение по проходке штрека. На каждом километре проходки штрека маршевая бригада отвлекается на проходку четырех-пяти сбоек длиной 50 м на время от 1 до 2-х недель на каждую сбойку, что сдерживает проходку основного штрека и сопровождается неоправданно большим сечением сбойки из-за больших габаритных размеров

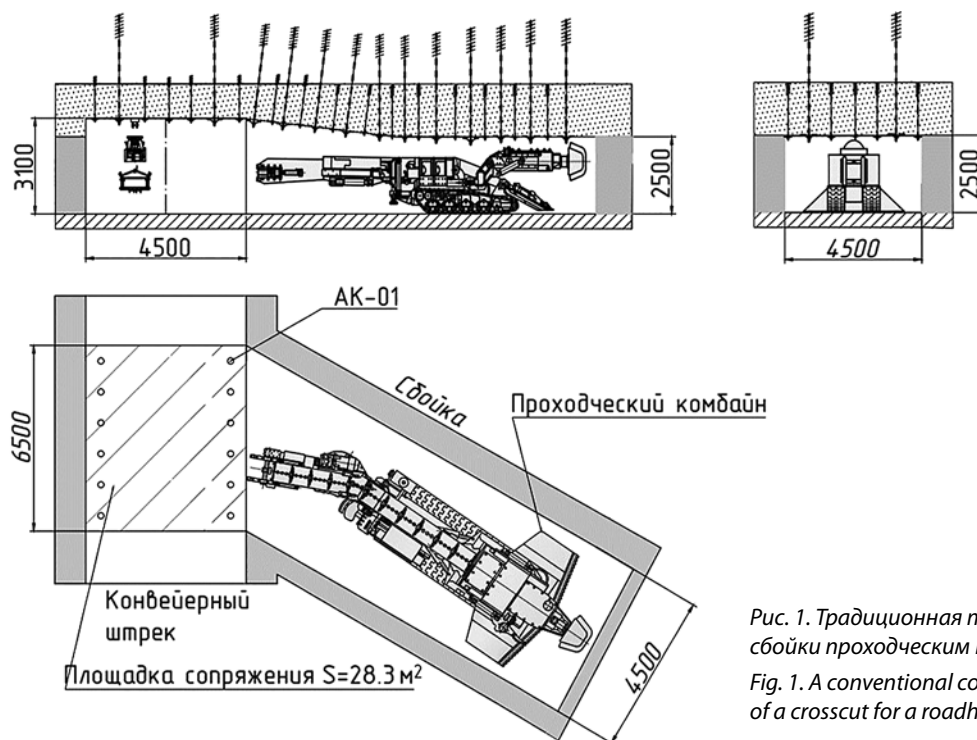


Рис. 1. Традиционная технология проходки сбойки проходческим комбайном

Fig. 1. A conventional construction technology of a crosscut for a roadheader

комбайна, невозможностью проведения сбоек перпендикулярно спаренным штрекам из-за неповоротливости комбайна и невписываемости его под углом 90 градусов по отношению к штреку.

Необходимость проведения сбойки под углом менее 90 градусов увеличивает протяженность сбойки, повышенный расход анкерного крепления сбойки из-за увеличенных сверх необходимого сечения и длины сбойки, что увеличивает трудозатраты на установку анкеров, расходы на большее количество анкеров и затяжек, а также затраты на поддержание сбоек, увеличение трудоемкости и затраты на материалы при установке перемычки после ухода проходческого комбайна и

перевода проветривания на следующую сбойку. Снижается скорость проходки спаренных штреков из-за необходимости отвлечения проходческого комбайна на проведение сбоек.

Планограмма работ проведения сбойки проходческим комбайном приведена на рис. 2.

На кафедре горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева разработаны способ разработки с проведением сбоек в спаренных штреках [7, 8] и комплект оборудования для его осуществления [9]. В основу предложенного комплекта оборудования заложен хорошо зарекомендовавший опыт применения устройств

п/п	Наименование операций	Ед. изм.	Объем	Норма выrab.	Труд.	Время		Профиль	I Смена					II Смена						
						час	мин		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Подготовительно-заключительные операции						15													
2	Выемка горной массы КСП-35	м	1.0	3.16	022	1	50	МГВМ												
3	Установка временной крепи с перетяжкой, бурение шпуров в кровлю	шп.м	11	15.9	0.69	1	20	прох												
4	Крепление анкеров АКМ	анк	5	17	029		35	прох												
5	Бурение шпуров в борт	по породе	шп.м	2.8	13,88	0.2		25	прох											
		по углю		0	211,25	0														
6	Крепление АКМ (борт)	анк	2	31	0,11		15	прох												
7	Обслуживание КСП-35	мин				5	30	МГВМ												
8	Бурение шпуров в кровлю для АК-01, L = 6 м	шп.м	12	15,9	0,75	1	30	прох												
9	Крепление анкеров АК-01-121	анк.	2	17	0,11		15	прох												
10	Монтаж балок МПД (с учетом перегружателя)	секц.	4	5,55	0,72	1	25	прох												
11	Бурение шпуров в кровлю для МПД (с учетом перегружателя)	шп.м	8,4	13,4	0,84	1	15	прох												
12	Крепление анкеров АК01-121 для МПД (с учетом перегружателя)	анк.	4	125	0.16		20	прох												
13	Наращивание СР-70	м	4	9,3	0,43		50	прох г/р												
14	Бурение шпуров в почву (СР-70)	шп.м	8,8	14,88	0,59	1	10	прох г/р												
15	Монтаж вентиляционного трубопровода	м	4	130	0,03		10	прох												
16	Монтаж ППС, водоотливного става	м	8	13,216	0,3	1	10	г/р												
				14,286	0,28			прох												
17	Бурение шпуров в борт	по породе	шп.м	2,8	13,88	0,202		25	прох											
		по углю		2,8	211,25	0,013														
18	Крепление АКМ (борт)	анк	4	18	0,22		25	прох												
19	Обслуживание конвейерной линии	мин				1	00	г/р												
20	Доставка материалов в забой	мин				3	30	г/р прох												

Рис. 2. Планограмма проведения сбойки при использовании комбайна сечением 11,25 м<sup>2</sup>

Fig. 2. A planogram of constructing a crosscut using a roadheader with a cross-section of 11,25 m<sup>2</sup>



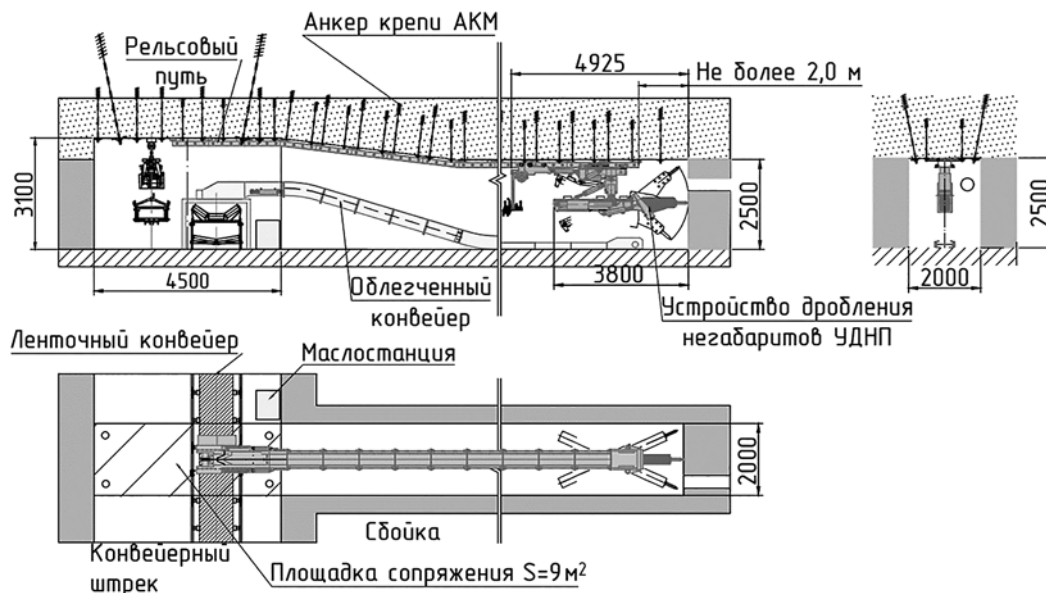


Рис. 3. Предлагаемая технология проходки сбойки сбоечно-проходческим агрегатом

Fig. 3. The proposed technology to drive a crosscut using a cross-cutting and tunneling unit

дробления негабаритов в очистном забое [10, 11, 12, 13, 14] с возможностью привода насосной станции от внешнего источника энергии, например от магистрального трубопровода механизированной крепи с водо-масляной эмульсией [15, 16, 17, 18]. Эти решения существенно снизили трудоемкость работ и повысили уровень безопасности труда в забое. В состав предложенного сбоечно-проходческого агрегата входит следующее оборудование (рис. 3):

- УДНП – устройство для разрушения забоя гидравлическим молотом, передвигающееся по рельсовому пути в кровле выработки и питающееся от маслостанции;
- С-70.05Г – скребковый конвейер с гидродвигателем в качестве привода, жестким ставом и гидравлическим натяжителем цепи;
- маслостанция – для обеспечения гидравлической энергией всех забойных машин и механизмов (УДНП,

конвейер, анкероустановщик), работающая от внешнего неэлектрического источника энергии.

Расположение оборудования сбоечно-проходческого агрегата приведено на рис. 3, а планограмма проведения сбойки таким агрегатом – на рис. 4.

Сравнительный анализ параметров проходки при использовании проходческого комбайна и сбоечно-проходческого агрегата приведен в таблице.

Применение сбоечно-проходческого агрегата для проходки сбоек исключит отвлечение проходческого комбайна на проходку сбоек. При этом длина сбоек не будет превышать ширину целика 35 м вместо 50 м, сечение сбоек не будет превышать  $5 \text{ м}^2$  (проходческим комбайном –  $11,25 \text{ м}^2$ ), общий объем горной массы сбоек уменьшится с  $563,5$  до  $175 \text{ м}^3$ , для крепления кровли на каждый метр уменьшится расход анкеров с 5 до 2 шт., общий расход анкеров – с 250 до 70 шт., в 3,5 раза, верхняя (штрипс) дли-

Наименование операций	Ед. изм	Продолжительность операции	Кол-во человек	Объем работ	1 смена		2 смена		3 смена		4 смена															
					8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
Подготовительно-заключительные операции	мин	20,0	2	–																						
Доставка материалов, наращивание ПОТ, вент. става, обслуживание ШП	мин	160,0	2	–																						
Отбойка горной массы	мин	30,0	2	5 м³																						
Остановка крепи	мин	15,0	2	3 анк.																						
Погрузка горной массы на конвейер	мин	15,0	2	5 м³																						
Наростка конвейера	мин	25,0	2	2 м																						
Наростка рельсового пути	мин	25,0	2	2 м																						
Регламентированный перерыв	мин	10,0	2	–																						

 Рис. 4. Планограмма проведения сбойки сбоечно-проходческим агрегатом сечением  $5 \text{ м}^2$ 

 Fig. 4. A planogram of constructing a crosscut using a cross-cutting and tunneling unit with a cross-section of  $5 \text{ м}^2$

### Сравнение расхода материалов при проходке и эксплуатации сбоек при использовании проходческого комбайна и сбоечно-проходческого агрегата

Comparison of material consumption during driving and operation of crosscuts when using a roadheader and a cross-cutting and tunneling machine

Показатели	Комбайн	Сбоечно-проходческий агрегат	Отклонения, +/-
Длина сбойки, м	50	35	-15
Ширина сбойки, м	4,5	2,0	-2,5
Высота сбойки, м	2,5	2,5	0
Сечение сбойки, м <sup>2</sup>	11,25	5,0	-6,25
Объем горной массы, м <sup>3</sup>	563,5	175	-387,5
Расход крепежных материалов для крепления на всю длину сбойки	Анкер, шт.	70	-180
	Штрипс, м	70	-155
	Анкеры второго уровня для сопряжений, шт.	8	-16
	Анкеры второго уровня для сбойки, шт.	100	-100
Расход материала для изоляции сбойки (бетон, шлакоблок и др.) толщиной 5 м:			
– на 1 перемычку, м <sup>3</sup>	56,25	25	-31,25
Численность звена, чел.	5	2	-3
Трудоемкость выполнения операций:			
– по выемке горной массы, %	100	31	Снижение: в 3,2 раза
– по креплению анкерами, %	100	28	в 3,6 раза
– по креплению штрипс, %	100	31	в 3,2 раза
– по сооружению перемычек, %	100	44	в 2,3 раза
– по доставке материалов, %	100	45	в 2,2 раза

ной 4,5 м укоротится до 2 м, общая длина штрипсов для крепления 225 м против 70 м, в 3,2 раза. Площадь сопряжения уменьшится с 28,3 м<sup>2</sup> до 9 м<sup>2</sup>, т.е. два сопряжения 56,6 м<sup>2</sup> против 18 м<sup>2</sup>, в 3,14 раза, это влечет уменьшение количества анкеров усиления крепи сопряжения с 24 до 8, т.е. в 3 раза. С уменьшением ширины сбойки до 2 м не потребуется крепь усиления по сбойке – 100 штук канатных анкеров.

#### ВЫВОДЫ

Из сравнения показателей следует, что:

- физические объемы выполнения работ по проходке сбойки по предлагаемой технологии в 2,2-3,6 раза меньше, чем при проходке сбойки проходческим комбайном;
- повышается безопасность проведения сбоек за счет меньшей площади поддержания кровли и использования неэлектрических источников энергии;
- трудоемкость выполнения работ снижается пропорционально физическим объемам в 2,2-3,6 раза, что ведет к улучшению условий труда работающих и, соответственно, снижается численность сменного звена с пяти до двух человек;
- темпы проведения сбойки сбоечно-проходческим агрегатом обеспечивают выполнение всего комплекса работ (площадки сопряжения, монтаж оборудования и его демонтаж, отбойка горной массы и крепление, прочие вспомогательные работы, включая мероприятия по сбитию, по сооружению сбоечной печи (сбойки)) в кратчайшие сроки.

#### СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

- Выбор места заложения сбойки (особенно по фактору перепуска воды) ведется в пройденной выработке, когда произошла доразведка гипсометрии пласта и может быть уточнена геологической службой со 100%-ной гарантией возможности определения самой нижней точки для перепуска воды.
- Доставочные работы по сбойке длиной 35 м быстрее, чем по сбойке длиной 50 м в 1,43 раза.
- Работы по изоляции выработанного пространства лавы выполняются в 2,3 раза быстрее и дешевле из-за:
  - уменьшения объема материала на каждую перемычку с 56,25 до 25 м<sup>3</sup>, т.е. на 31,25 м<sup>3</sup> (в 2,3 раза);
  - снижения трудоемкости возведения перемычки в 2,3 раза.

Внедрение предлагаемой технологии ведет к существенному экономическому эффекту, выражающемуся в снижении трудоемкости, уменьшении расхода материалов и ускорении темпов подготовки очистного забоя, а также к безусловному повышению уровня безопасности работ при проведении и поддержании межштрековых сбоек.

#### Список литературы • References

1. Mohammad Panahi Borujeni, Hossein Gitinavard. Evaluating the sustainable mining contractor selection problems: An imprecise last aggregation preference selection index method. *Journal of Sustainable Mining*. 2017;16(4):207-218.
2. Agnieszka Klupa. Determination of properties of clean coal technology post-process residue. *Journal of Sustainable Mining*. 2016;15(4):143-150.

3. Sylwia Jaroslawska-Sobór. Social potential growth of a mining company on the basis of human capital and occupational safety. *Journal of Sustainable Mining*. 2015;14(4):195-202.
4. Barakos G., Gutzmer J., Mischo H. Strategic evaluations and mining process optimization towards a strong global REE supply chain. *Journal of Sustainable Mining*. 2016;15(1):26-35.
5. Sadridinov A.B. Analysis of energy performance of heading sets of equipment at a coal mine. *Mining Science and Technology*. 2021;5(4):367-375.
6. Yang Yu, Jianbiao Bai, Xiangyu Wang et al. Control of the surrounding rock of a goaf-side entry driving heading mining face. *Sustainability*. 2020;12(7):2623.
7. Способ разработки пластов длинными столбами по простиранию с обратным порядком отработки: пат. 2780415 РФ: МПК E21C 41/18 (2006.01), E21F 16/00 (2006.01), E02D 19/00 (2006.01) / Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Хорешок А.А., Мешков А.А., Понизов А.В., Ананьев К.А., Хуснутдинов М.К.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2022112832; заявл. 13.05.2022; опубл. 22.09.2022, Бюл. № 27. 12 с.
8. Способ проведения ответвления от подземной выработки в зоне скопления воды: пат. 2781724 РФ: МПК E21C 41/18 (2006.01), E21D 9/10 (2006.01) / Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Хорешок А.А., Мешков А.А., Понизов А.В., Ананьев К.А., Хуснутдинов М.К.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2022112834; заявл. 13.05.2022; опубл. 17.10.2022, Бюл. № 29. 7 с.
9. Подвесной проходческий породоразрушающий агрегат: пат. 210029 РФ: МПК E21C 25/02 (2021.08), E21C 31/02 (2021.08) / Тащиенко В.П., Мешков А.А., Царев Д.В.; патентообладатель ООО «Управление горного сервиса». № 2021132545; заявл. 08.11.2021; опубл. 24.03.2022, Бюл. № 9. 8 с.
10. Секция механизированной крепи: пат. 2735274 РФ: МПК E21D 23/16 (2006.01) / Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Мешков А.А., Беликов С.Е., Бубнов К.А., Черданцев А.М., Дашковский Г.А.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136394; заявл. 12.11.2019; опубл. 29.10.2020, Бюл. № 31. 12 с.
11. Секция механизированной крепи: пат. 184573 РФ: МПК E21D 23/04 (2006.01) / Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Беликов С.Е., Буялич Г.Д., Дашковский Г.А.; патентообладатель ООО «Управление горного сервиса». № 2018124768; заявл. 05.07.2018; опубл. 30.10.2018, Бюл. № 31. 5 с.
12. Секция механизированной крепи: пат. 196644 РФ: МПК E21D 23/16 (2006.01) / Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Бубнов К.А., Дашковский Г.А.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136451; заявл. 12.11.2019; опубл. 11.03.2020, Бюл. № 8. 9 с.
13. Секция механизированной крепи: пат. 195623 РФ: МПК E21D 23/16 (2006.01) / Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Мешков А.А., Беликов С.Е., Бубнов К.А., Черданцев А.М., Дашковский Г.А.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136445; заявл. 12.11.2019; опубл. 03.02.2020, Бюл. № 4. 10 с.
14. Очистной комбайн: пат. 184570 РФ : МПК E21C 27/02 (2006.01) / Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Беликов С.Е., Буялич Г.Д., Дашковский Г.А.; патентообладатель ООО «Управление горного сервиса». № 2018124767; заявл. 05.07.2018; опубл. 30.10.2018, Бюл. № 31. 7 с.
15. Гидропривод очистного механизированного комплекса: пат. 196646 РФ: МПК E21D 23/16 (2006.01) / Буялич Г.Д., Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Хуснутдинов М.К.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136449; заявл. 12.11.2019; опубл. 11.03.2020, Бюл. № 8. 7 с.
16. Насосная станция: пат. 2735276 РФ: МПК E21D 23/16 (2006.01) / Буялич Г.Д., Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Хуснутдинов М.К.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136396; заявл. 12.11.2019; опубл. 29.10.2020, Бюл. № 31. 10 с.
17. Насосная станция: пат. 196188 РФ: МПК F04B 47/00 (2006.01), F04B 49/10 (2006.01) / Буялич Г.Д., Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Хуснутдинов М.К.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136446; заявл. 12.11.2019; опубл. 20.02.2020, Бюл. № 5. 8 с.
18. Насосная станция: пат. 195624 РФ: МПК F04B 47/00 (2006.01), F04B 49/10 (2006.01) / Буялич Г.Д., Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Ананьев К.А.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136447; заявл. 12.11.2019; опубл. 03.02.2020, Бюл. № 4. 6 с.

#### Authors Information

**Tatsienko V.P.** – Doctor of Engineering Sciences, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: tatsienkovp@kuzstu.ru

**Buyalich G.D.** – Doctor of Engineering Sciences, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: gdb@kuzstu.ru

**Bubnov K.A.** – Senior Researcher, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: bka4444@rambler.ru

**Tsarev D.V.** – Post Graduate Student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: tsarev@kuzstu.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 31.01.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received January 31, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025



УДК 622.271:332 © В.Р. Кадилов<sup>1</sup>, Ш.В. Каримов<sup>2</sup>, З.Ж. Каршибоев<sup>2</sup>, Э.И. Туйчибоев<sup>2</sup>, Д.С. Малюшенко<sup>2</sup>, 2025

UDC 622.271:332 © V.R. Kadirov<sup>1</sup>, Sh.V. Karimov<sup>2</sup>, Z.Zh. Karshiboev<sup>2</sup>, E.I. Tuychiboev<sup>2</sup>, D.S. Malyushenko<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова, 100095, г. Ташкент, Республика Узбекистан

<sup>1</sup> Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, 100095, Republic of Uzbekistan

<sup>2</sup> Алмалыкский филиал НИТУ МИСИС, 100100, г. Алмалык, Республика Узбекистан

<sup>2</sup> Almalyk Branch of National Research University of Science and Technology (MISIS), Almalyk, 100100, Republic of Uzbekistan

✉ e-mail:karimov20-13@mail.ru

✉ e-mail:karimov20-13@mail.ru

# Исследование влияния выемочно-погрузочного оборудования и рабочей площадки на устойчивость уступов

## Investigation of the influence of the parameters of the dredging and loading equipment and the work site on the stability of the ledges

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-59-65>

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых требует эффективного использования выемочно-погрузочного оборудования, обеспечивающего высокую производительность и безопасность горных работ. Однако эксплуатация такой техники оказывает значительное влияние на устойчивость уступов, что может приводить к их деформации, обрушениям и аварийным ситуациям. Особую роль играет рабочая площадка, параметры которой (ширина, уклон, плотность грунта) определяют распределение нагрузки и стабильность откосов. Недостаточное внимание к этим факторам может привести к снижению устойчивости уступов, увеличению рисков оползней и угрозе безопасности персонала и техники. Исследование взаимосвязи между параметрами оборудования, показателями рабочей площадки и устойчивостью уступов является важной задачей горного дела. Разработка научно обоснованных рекомендаций позволит повысить безопасность эксплуатации карьеров, минимизировать техногенные риски и повысить эффективность горных работ.

**Ключевые слова:** карьер, открытая разработка, геомеханические условия, устойчивость, борт, уступ, рабочая площадка, угол откоса.

**Для цитирования:** Исследование влияния выемочно-погрузочного оборудования и рабочей площадки на устойчивость уступов / В.Р. Кадилов, Ш.В. Каримов, З.Ж. Каршибоев и др. // Уголь. 2025;(4):59-65. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-59-65.

### Abstract

Surface mining of mineral deposits requires an efficient use of mining and loading equipment that would ensure high productivity and safety of

### КАДИРОВ В.Р.

PhD, доцент кафедры «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова, 100095, г. Ташкент, Республика Узбекистан

### КАРИМОВ Ш.В.

PhD, доцент кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС, 110100, г. Алмалык, Республика Узбекистан, e-mail:karimov20-13@mail.ru

### КАРШИБОЕВ З.Ж.

Базовый докторант кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС, 110100, г. Алмалык, Республика Узбекистан

### ТУЙЧИБОЕВ Э.И.

Базовый докторант кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС, 110100, г. Алмалык, Республика Узбекистан

### МАЛЮШЕНКО Д.С.

Методист по работе с молодежью, духовностью и просвещением Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС, 110100, г. Алмалык, Республика Узбекистан

*the mining operations. However, operation of such equipment has a significant impact on the stability of benches, which can lead to their deformation, failures and accidents. The working area plays a special role, which parameters, i.e. the width, gradient, soil density, determine the load distribution and the slope stability. Insufficient attention to these factors can lead to a decrease in slope stability, create higher risks of landslides and jeopardize the safety of personnel and equipment. Studying the relationship between the equipment parameters, working site characteristics and bench stability is an important task of mining engineering. The development of scientifically based recommendations will enhance the safety of open-pit mine operation, minimize the man-made risks and increase the efficiency of mining operations.*

**Keywords**

*Open pit mine, surface mining, geomechanical conditions, stability, wall, bench, working area, slope angle.*

**For citation**

Kadirov V.R., Karimov Sh.V., Karshiboev Z.Zh., Tuychiboev E.I., Malyushenko D.S. Investigation of the influence of the parameters of the dredging and loading equipment and the work site on the stability of the ledges. *Ugol*. 2025;(4):59-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-59-65.

**ВВЕДЕНИЕ**

Современные карьеры развиваются в разных направлениях, что обусловливается увеличением глубины карьера, горных работ и высоты рабочей зоны. Средняя глубина карьеров превысила 500 м. Высота рабочей зоны крупных глубоких карьеров составляет в среднем по руде 120-150 м, по вскрыше – 170-200 м. С увеличением глубины ведения горных работ изменяются физико-механические свойства пород, сокращается фронт горных работ, уменьшается ширина рабочих площадок, и усложняется обеспечение экскаваторов транспортными средствами, что создает дополнительные трудности для организации

рабочего процесса. Кроме того, появляется высокотехнологическое оборудование, применение которого в той или иной мере изменяет параметры рабочей зоны карьера. При этом устойчивость уступа, на котором расположен экскаватор, требует полного анализа устойчивости [1].

Учитывая время, состояние откоса и его назначение, рекомендуется при проектировании варьировать коэффициент запаса устойчивости от 1,1 для уступов рабочих бортов карьеров вскрывающих выработок [2]. Рекомендуемые коэффициенты запаса устойчивости карьеров откосов приведены в табл. 1.

Следует подчеркнуть, что продолжающееся на протяжении многих последних десятилетий снижение качества полезных ископаемых на разрабатываемых и большинстве вновь вовлекаемых в эксплуатацию месторождениях, значительное усложнение горно-геологических, природно-климатических и экономико-географических условий освоения месторождений, особенно новых, при повышении требований к охране природной среды обуславливают устойчивую тенденцию существенного роста эксплуатационных и капитальных затрат в горной промышленности [3].

Четкое понимание геологических, гидрогеологических, сейсмологических и технологических аспектов разрабатываемого участка, а также знание принятых методов необходимы для эффективной оценки устойчивости бортов карьера [4, 5, 6].

Производительность работы экскаваторно-отвальных комплексов является одним из основных факторов, позволяющим оценить эффективность ведения горных работ. Общеизвестно, что к основным факторам, влияющим на производительность экскаватора, относятся следующие: трудность разработки горной массы, которая оценивается категорией породы и ее состоянием; технические данные, состояние и надежность экскаватора; квалификация машиниста; качество забоя, условия подхода транспорта к месту погрузки, освещенность. Но не меньшее влияние на эффективность работ оказывает их организация, которая

Таблица 1

**Рекомендуемые коэффициенты запаса устойчивости откосов карьера**

The recommended safety factors for the pit slopes

Группа	Характеристика откосов	Срок службы	Противо-деформационные мероприятия	Рекомендуемый коэффициент запаса устойчивости
1	Откосы вскрывающих выработок, участки, содержащие стационарные устройства (конвейерные и скиповые подъемники, тоннели, наклонные стволы и т.п.)	Практически весь срок службы карьера (40-50 лет)	Любые технические возможные и экономически целесообразные	1,3-1,5
2	Постоянные борта, вблизи которых находятся охраняемые объекты – предохранительные целики у водоемов, населенных пунктов, магистралей и т.п.	То же	Определяются технико-экономическими расчетами	1,2-1,4
3	Постоянные борта, не содержащие транспортных коммуникаций	По мере оформления предельных контуров	Заоткосы, фильтрационная пригрузка, нагорные канавы, дренаж, в отдельных случаях одернование, посев трав, торкретирование	1,2-1,3
4	Временно-постоянные борта	10-15 лет	Заоткоска, фильтрующая пригрузка, дренаж	1,15-1,2
5	Рабочие уступы	Несколько месяцев	Параметры применяемого оборудования	1,1-1,2

зависит от параметров уступа, последовательности отработки блоков на уступе, видов работ и процессов, количества автосамосвалов, состояния дорог, своевременного снабжения топливом, энергией, запасными частями и т.п. [7].

Таким образом, для глубоких карьеров актуальными являются две проблемы: выбор рациональных моделей экскаваторов при пополнении парка взамен выбывших и расчет устойчивости углов откоса уступа и борта карьера в целом.

### МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

На сегодняшний день известны три основных метода оценки устойчивости откосов:

- 1) метод механики сплошной среды;
- 2) метод предельного напряженного состояния;
- 3) метод предельного равновесия.

Все существующие методы оценки устойчивости откосов едины в том смысле, что в качестве предельного условия используют критерий Кулона. Однако, как известно, предельное кулоновское напряжение зависит от нормального напряжения на площадке среза [8]. А вот способы определения тензора напряжений в окрестности поверхности скольжения и установления геометрии критической (наиболее слабой) поверхности скольжения различны.

В исследованиях [9] был проведен геомеханический анализ методом конечных элементов при статическом и динамическом нагружении. Динамическая нагрузка представлена вибрационным воздействием от взрывных работ, оценка которого проведена с учетом сейсмического воздействия при анализе методом конечных элементов.

В работе [10] в целях совершенствования буровзрывных работ (БВР) в условиях наращивания объемов горных работ на Солнцевском угольном разрезе (СУР) разработана методика увеличения объема взрываваемой горной массы (ВГМ) за один массовый взрыв (МВ), которая успешно проходит апробацию с начала 2022 г. по настоящее время с промежуточными результатами, где очевиден соответствующий рост относительно 2021 г. на 60%.

В статье для определения коэффициента устойчивости рабочего уступа был применен метод суммирования сдвигающих и удерживающих сил. Метод анализа устойчивости откосов, который использует круглоцилиндрическую поверхность скольжения и оценивает стабильность с помощью суммы удерживающих и движущих сил, называется методом предельного равновесия или методом Бишопа. Метод Бишопа представляет собой метод анализа устойчивости откосов, используемый для определения коэф-

фициента запаса прочности ( $n$ ) откосов при различных условиях нагрузки.

Ширина рабочей площадки при разработке скальных пород:

$$\text{Ш}_{\text{р.п.}} = B + T + C + S + Z, \text{ м},$$

где  $T$  – ширина транспортной полосы м;  $C$  – расстояние от нижней бровки развала до транспортной полосы,  $C = 2,0-3,0$  м;  $B$  – ширина развала;  $S$  – ширина полосы безопасности,  $S = 1,5-2,0$  м;  $Z$  – ширина призмы возможного обрушения (принимается по таблице  $Z = 3,5$  м).

Ширина проезжей части постоянной автодороги при двухполосном движении определяется по выражению:

$$T = 2 \cdot (a + x) + y, \text{ м},$$

где  $a$  – ширина автосамосвала, м;  $y$  – расстояние от колеса до конца проезжей части ( $y = 0,5$  м);  $x$  – зазор между кузовами встречных машин:

$$x = 0,5 + 0,005V, \text{ м},$$

где  $V$  – скорость движения машин, км/ч,  $V = 20$  км/ч.

Ширина проезжей части постоянной автодороги при однополосном движении определяется по выражению:

$$T = a + x + y, \text{ м}.$$

Ширина развала:

$$B_p = R_{\text{ч.у}} + R_p - C, \text{ м},$$

где  $R_p$  – радиус разгрузки экскаватора,  $R_p = (0,8 - 0,9) \times R_p^{\text{max}}$  м;  $R_{\text{ч.у}}$  – радиус черпания на уровне стояния экскаватора.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

При выполнении работы для исследования было выбрано несколько моделей экскаваторов с механическим и гидравлическим приводом (рис. 1, табл. 2).

Результаты расчетов параметров ширины рабочей площадки для ЭКГ-15, CAT 6030 и Komatsu PC 3000-6 приведены в табл. 3. В результате уменьшения рабочей площадки уменьшается объем вскрыши в каждом блоке, и увеличивается генеральный угол борта карьера (рис. 2)  $S = 74,26 \text{ м}^2$ ,  $L = 300$  м.

$$V = S \cdot L \cdot \sin 75 = 74,26 \cdot 300 \cdot \sin 75 = 21518 \text{ м}^3.$$

1. Произведем расчет устойчивости уступа для трех положений экскаваторов на расстоянии 2,5; 20 и 40 м от края рабочей площадки (рис. 3).

Таблица 2

### Ширина призмы возможного обрушения

The width of the possible sliding wedge

Показатели трудности разрушения породы $\eta_p$	Угол откоса устойчивого уступа $\gamma$ , градус	Угол откоса рабочего уступа $\alpha$ , градус	Ширина призмы обрушения $Z$ , м при высоте уступа, м				
			10	12	15	20	40
1–2	35	45	4,0	5,0	6,0	8,5	17,0
3–6	60	70	3,0	3,0	3,5	4,5	–
7–12	65	75	3,0	3,0	3,0	4,0	–
13–25	75	82	3,0	3,0	3,0	4,0	–



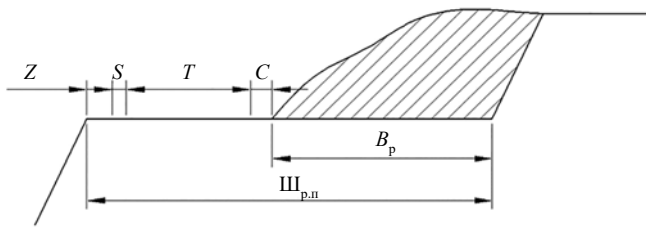


Рис. 1. Схемы к определению ширины рабочей площадки при использовании экскаваторно-транспортно-отвальных (ЭТО) комплексов оборудования

Fig. 1. Schematic drawings for determining the width of the working area when using the backhoe-conveying bridge systems

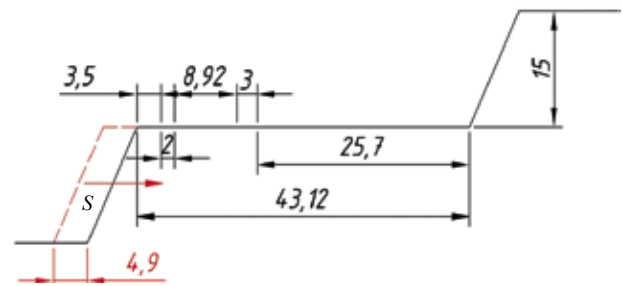


Рис. 2. Уменьшение ширины рабочей площадки при использовании оборудования Cat 6020B

Fig. 2. Decreasing of width of the working area when using the Cat 6020B backhoe

Вычисляем вес экскаватора, приходящийся на 1 м протяженности уступа вдоль бровки в пределах призмы, огибающей поверхностью:

$$\Delta P = \frac{P}{b + 2 \frac{1}{3} c}, \tau,$$

где  $P$  – общий вес экскаватора,  $b$  – ширина базы экскаватора вдоль бровки уступа (для рассматриваемого случая),  $c$  – расстояние от края базы экскаватора до края, призмы (рис. 4).

2. Расчет параметров и порядок построения ориентировочной поверхности скольжения.

Рассчитываем средневзвешенные по мощности значения сцепления в массиве  $C_{сд}$ , коэффициента внутреннего трения  $tg\varphi_{ср}$  и объемного веса пород  $\gamma_{сд}$  по формулам.

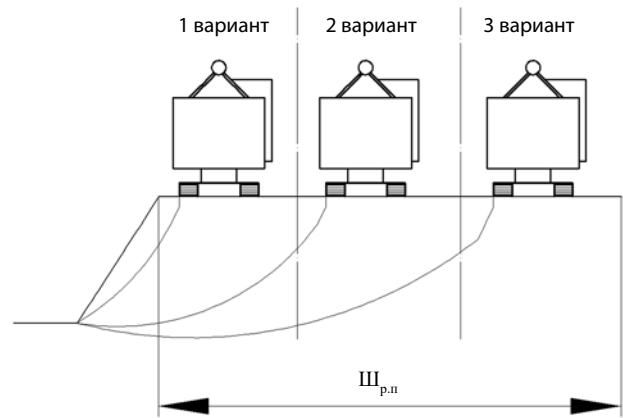


Рис. 3. Положение экскаватора относительно края рабочей площадки

Fig. 3. Position of the backhoe relative to the edge of the working area

Таблица 3

Результаты расчетов параметров ширины рабочей площадки

Results of calculating the width of the working area

	ЭКГ 15	CAT 6030	Komatsu PC 3000-6
Модель экскаватора			
Ширина рабочей площадки			
Двухполосное движение			
Однополосное движение			

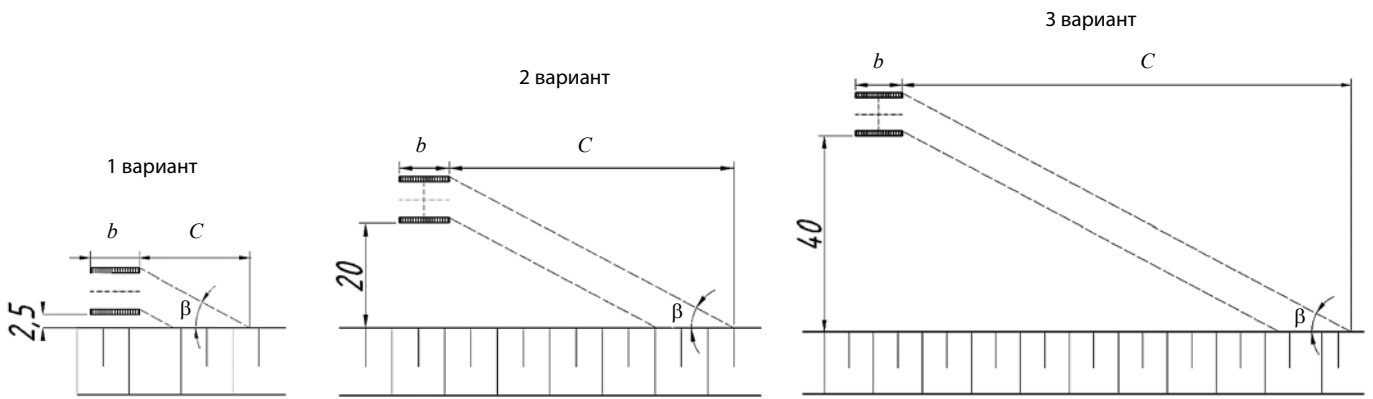


Рис. 4. Призма возможного обрушения в плане  
 Fig. 4. A plan view of the possible sliding wedge

Таблица 4

**Эксплуатационные показатели сиенита-диорита**  
 Performance characteristics of syenite-diorite

Название породы	C, т/м <sup>2</sup>	γ, т/м <sup>3</sup>	φ, градус	h, м	a	H <sub>90</sub> , м	A, м
Сиенита-диорит	5,643	2,7	35	15	57	1,246	2,48

Рассчитываем высоту вертикальной площади отрыва H<sub>90</sub> по формуле:

$$P_{90} = \frac{\sigma_0}{\gamma}, \text{ м.}$$

3. Определив значение α, рассчитываем значение ширины призмы возможного обрушения a по формуле:

$$a = \frac{2H \left( 1 - \text{ctg}\alpha \cdot \text{tg} \left( \frac{\alpha + \varphi}{2} \right) \right) - 2H_{90}}{\text{ctg}\alpha + \text{tg} \left( \frac{\alpha + \varphi}{2} \right)}, \text{ м.}$$

4. От верхней бровки откоса откладываем величину a – ширину призмы обрушения.

5. Из точек A и B вертикально откладываем величину,

H<sub>90</sub>, а из точек A' и B' проводим линии под углом  $\left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$  к горизонту до пересечения их в точке C.

6. Из точки C восстанавливаем перпендикуляр к BC до пересечения его в точке O с перпендикуляром, восстановленным из точки M к направлению MN, составляющему с линией откоса угол [11]:

$$\beta = \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

Размер рабочей зоны разреза определяется конструкцией профиля и углами откосов бортов, поэтому для разделения вскрышной толщи на уступы необходимы данные о свойствах отдельных породных литологических слоев и их распределение по глубине месторождения [12].

7. Радиусом R = OC = OM проводим дугу окружности MC с центром в точке O. Линия BB'CM является искомой поверхностью скольжения на разрезе откоса (рис. 5).

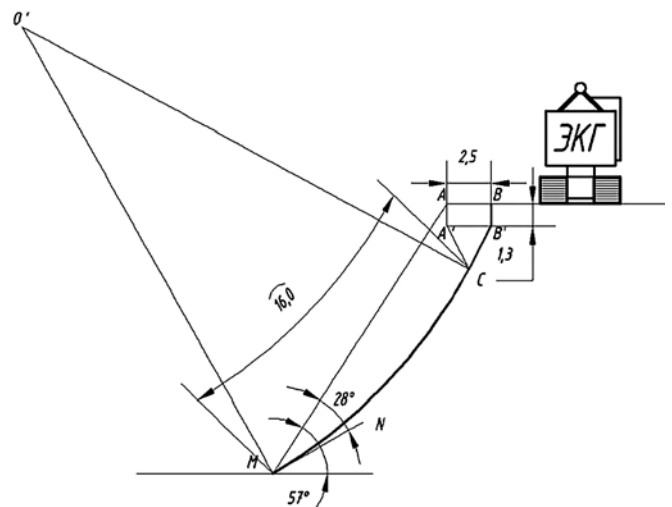


Рис. 5. Схема расчета устойчивости нагруженного уступа  
 Fig. 5. A calculation scheme of the loaded bench stability

Таким образом, оконтуриваем призму МАВВ'С возможного обрушения массива пород.

8. Разделяем массив на блоки и находим площадь и угол тета (рис. 6).

9. Находим вес каждого блока по формуле:

$$P = S \cdot \gamma, \text{ т.}$$

10. Динамическую нагрузку экскаватора ЭКГ-15 прибавляем к весу общего блока.

11. Рассчитываем нормальную N<sub>i</sub> – составляющую веса блока по формуле:

$$N = P \cdot \cos\theta \text{ т.}$$

**Результаты расчета зависимости устойчивости уступа от веса экскаватора и расстояния от края рабочей площадки до гусеницы экскаватора**

Results of calculating the dependence of the bench stability on the backhoe weight and the distance from the edge of the working area to the backhoe track

Модель экскаватора		ЭКГ 15	CAT 6030	Komatsu PC 3000-6
Вес экскаватора, т		672	294	261
Коэффициент запаса устойчивости уступа				
Расстояние от края рабочей площадки	Вариант 1 2,5 м	1,568	1,691	1,727
	Вариант 2 20 м	2,433	2,473	2,478
	Вариант 3 40 м	3,688	3,711	3,714

12. Рассчитываем касательную  $T_i$  – составляющую веса блока по формуле:

$$T = P \cdot \sin\theta, \text{ т.}$$

13. Находим коэффициент устойчивости борта методом суммирования сдвигающих и удерживающих сил:

$$n = \frac{\text{tg}(\rho) \sum N + CL}{\sum T}.$$

Полученное значение  $n$  должно быть не менее 1,2–1,3. Проведя расчеты по методике, указанной выше, получили результаты, приведенные в табл. 5, (рис. 7).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведя полный анализ параметров рабочей площадки и используемого оборудования в глубоких карьерах, получаем следующие выводы:

- определение устойчивости откосов уступов и ширины призмы обрушения, выполненное аналитическим методом, дает более высокие результаты точности, чем полученные графическим методом;
- устойчивость откосов уступов и ширина призмы обрушения зависят не только от физико-механического состояния горных пород, но также от высоты уступа, веса экскаватора, приходящегося на 1 м площадки размещения, расстояния от бровки откоса и других факторов, следовательно, от ширины рабочей площадки в целом;
- меньшие габариты и вес гидравлического экскаватора позволяют уменьшить ширину рабочей площадки. Из выведенной формулы следует, что откос уступа при этом является устойчивым;
- благодаря уменьшению ширины рабочей площадки можно достичь увеличения генерального угла наклона борта карьера, что в свою очередь позволяет уменьшить количество вскрышной породы.

**Список литературы • References**

1. Яковлев А.В. Рациональные условия применения мощных экскаваторов в глубоких карьерах: автореферат дис. кандидата технических наук. Екатеринбург, 2015. 21 с.
2. Kadirov V.R., Karimov Sh.V., Qushshayev U.Q., Sharapova D. Study on the influence of the deformation zones of the quarry sides on the rock mass movement. *E3S Web of Conferences*. 2021;(304):02002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130402002>.

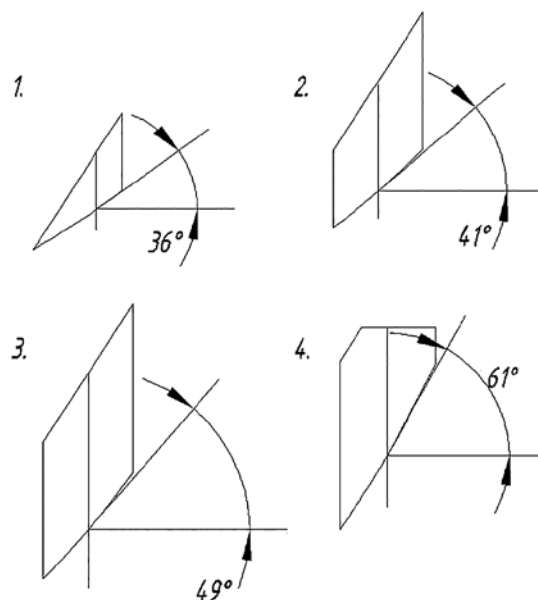


Рис. 6. Площадь разделяемого блока  
Fig. 6. The area of the block to be divided

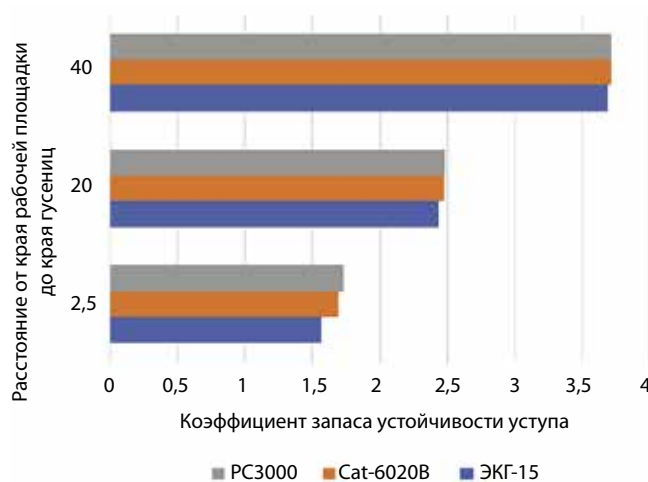


Рис. 7. Зависимости устойчивости уступа от веса экскаватора и расстояния от края рабочей площадки до гусеницы экскаватора  
Fig. 7. Dependences of the bench stability on the weight of the backhoe and the distance from the edge of the working area to the backhoe track.



3. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В. Состояние и перспективы развития открытых горных работ в XXI веке // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. CB 45-1. С. 21-32.  
Trubetskoy K.N., Rylnikova M.V. Situation and prospects of open-pit mining development in the XXI Century. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2015;(SV 45-1):21-32. (In Russ.).
4. Chaoqun Hou, Rongjian Zhang, Yongxin Li et al. Comparisons of Safety Factors for Slope in Nonlinear Soils. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2021;25(10):3737-3749. DOI: 10.1007/s12205-021-0298-0.
5. Yiyun Yang. Grey Relational Analysis on Influencing Factors of Highway Slope Safety in Ankang Mountain Area. *International Journal of Safety and Security Engineering*. 2020;10(5):721-726. DOI: 10.18280/ijssse.100518.
6. Yunyong He, Ziyin Cai, Fuming Wang et al. Numerical investigation on slope stability influenced by seismic load and discontinuity with a continuous-discontinuous method. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 2023;82(3):70. DOI: 10.1007/s10064-023-03090-x.
7. Аникин К.В. Исследование влияния длины рабочего фронта и ширины рабочей площадки на уступе на производительность экскаваторно-автомобильного комплекса оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 2. С. 147-149.  
Anikin K.V. Studying the effect of working front length and width of the working area of a bench on the productivity of the excavator-and-vehicle complex equipment. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2015;(2):147-149. (In Russ.).
8. Жабко А.В. О проблемах и современных методах оценки устойчивости откосов на открытых горных работах // Недропользование 2018. № 3. С. 96-107.  
Zhabko A.V. On problems and modern methods of evaluating the stability of slides on open mountain works. *Nedropol'zovanie*. 2018;(3):96-107. (In Russ.).
9. Анализ обрушения бортов на железорудном карьере Уэнса в Северо-Восточном Алжире методом конечных элементов: причины и выводы для контроля устойчивости / Ф. Бельгелиль, М. Фредж, А. Саадун и др. // Записки Горного института. 2024. Т. 268. С. 576-587.  
Belgueliel F., Fredj M., Saadoun A., Boukarm R. Finite element analysis of slope failure in Ouenza open-pit iron mine, NE Algeria: causes and lessons for stability control. *Zapiski Gornogo instituta*. 2024;(268): 576-587. (In Russ.).
10. Совершенствование процесса подготовки горной массы к выемке на Солнцевском угольном разрезе / Ал.А. Галимьянов, О.И. Черских, И.Ю. Рассказов и др. // Уголь. 2024;(3):104-109. DOI: 10.18796/0041 5790-2024-3-104-109.  
Galimyanov Al.A., Cherskikh O.I., Rasskazov I.Yu., Kazarina E.N., Mishnev V.I. Improving the process of preparing rock mass to the excavation at the Solntsevo coal mine. *Ugol'*. 2024;(3):104-109. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-104-109.
11. Чунуев И.К., Левкин Ю.М., Болотбеков Ж. Определение технологических параметров призмы обрушения уступов, отвалов и дорог // Горные науки и технологии. 2021. Т. 6. № 1. С.31-41.  
Chunuev I.K., Levkin Yu.M., Bolotbekov Zh. Determination of bench, dump and road sliding wedge technological parameters. *Gornye nauki i tehnologii*. 2021;6(1):31-41. (In Russ.).
12. Костромин М.В., Леонтьев А.А. Устойчивость углов наклона бортов глубоких карьеров россыпных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 3. С. 84-93.  
Kostromin M.V., Leontyev A.A. Inclination of flank of a depth open-cast of the placer mining. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2011;(3):84-93. (In Russ.).

#### Authors Information

**Kadirov V.R.** – PhD, Associate Professor of the Mining Department of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, 100095, Republic of Uzbekistan

**Karimov Sh.V.** – PhD, Associate Professor of the Mining Department of Almalyk Branch of National Research University of Science and Technology (MISIS), Almalyk, 110100, Republic of Uzbekistan, e-mail:karimov20-13@mail.ru

**Karshiboev Z.Zh.** – Basic doctoral student of the Mining Department of Almalyk Branch of National Research University of Science and Technology (MISIS), Almalyk, 110100, Republic of Uzbekistan

**Tuychiboev E.I.** – Basic doctoral student of the Mining Department of Almalyk Branch of National Research University of Science and Technology (MISIS), Almalyk, 110100, Republic of Uzbekistan

**Malyushenko D.S.** – Methodologist for youth work, spirituality and enlightenment of, Almalyk Branch of National Research University of Science and Technology (MISIS), Almalyk, 110100, Republic of Uzbekistan

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 1.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received February 1, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

UDC 622.271.451 © Е.В. Кирюшина<sup>1</sup>, И.В. Зеньков<sup>2,3</sup>, А.С. Конде<sup>4</sup>,  
Ю.П. Юронен<sup>3</sup>, Ж.В. Миронова<sup>1</sup>, А.А. Латынцев<sup>1</sup>, К.В. Раевич<sup>1</sup>,  
К.А. Штреслер<sup>1</sup>, Д.В. Редкин<sup>2</sup>, 2025

UDC 622.271.451 © E.V. Kiryushina<sup>1</sup>, I.V. Zenkov<sup>2,3</sup>, A.S. Conde<sup>4</sup>,  
Yu.P. Yuronen<sup>3</sup>, Zh.V. Mironova<sup>1</sup>, A.A. Latyntsev<sup>1</sup>, K.V. Raevich<sup>1</sup>,  
K.A. Shtresler<sup>1</sup>, D.V. Redkin<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

<sup>2</sup> Сибирский научно-исследовательский институт горного  
и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup> Siberian Research Institute of Mining and Surveying,  
Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

<sup>3</sup> Сибирский государственный университет науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия

<sup>3</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

<sup>4</sup> Компания «Русский алюминий», Представительство  
в Гвинейской Республике, BP 6506, Конакри, Гвинейская Республика

<sup>4</sup> RUSSKY ALUMINY LIMITED, Conakry, BP 6506, Republic of Guinea  
✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

# Исследование режима горных работ при открытой разработке двухпластовых мульдообразных угольных месторождений в Красноярском крае

## Studying the mode of open-pit mining operations at a two-seam synclinal coal deposits in the Krasnoyarsk Territory

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-66-70>

### КИРЮШИНА Е.В.

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

### ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор,  
заместитель директора по научной работе  
Сибирского научно-исследовательского института  
горного и маркшейдерского дела,  
660025, г. Красноярск, Россия,  
профессор Сибирского государственного  
университета науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия,  
e-mail: zenkoviv@mail.ru

### КОНДЕ А.С.

Горный инженер компании «Русский алюминий»,  
Представительство в Гвинейской Республике,  
BP 6506, г. Конакри, Гвинейская Республика

В Красноярском крае открытым способом разрабатываются мульдообразные угольные месторождения, в строении которых находятся два-три пласта, имеющие промышленное значение. Открытые горные работы на многих месторождениях в ходе разности одного борта карьера производятся в замке мульды с дальнейшим развитием по восстанию угольных пластов. Отработке угольных пластов по восстанию должны предшествовать исследования режима открытых горных работ с учетом изменения физико-механических свойств горных пород в границах карьерного поля. Это позволяет снизить вероятность деформации борта карьера по результатам обоснования величины опережающей выемки вскрышных пород на верхних уступах в карьере.

**Ключевые слова:** мульдообразные угольные месторождения, открытые горные работы, режим горных работ, коэффициент вскрыши, устойчивость борта карьера, деформация борта карьера, опережающая выемка вскрышных пород, коэффициент запаса устойчивости.

**Для цитирования:** Исследование режима горных работ при открытой разработке двухпластовых мульдообразных угольных месторождений в Красноярском крае / Е.В. Кирюшина, И.В. Зеньков, А.С. Конде и др. // Уголь. 2025;(4):66-70. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-66-70.

**Abstract**

*Synclinal coal deposits that are characterized with two or three commercial seams are developed in the Krasnoyarsk Territory using the open-pit mining methods. In many fields open-pit mining operations during the wall cutback are performed at the synclinal turn with further coal mining along the seam rise. Mining of coal seams along the rise should be preceded by studies of the mode of open-pit mining operations with due account of changes in the physical and mechanical properties of rocks within the open-pit field boundaries. This helps to reduce the probability of the pit wall deformation based on the justification of advanced stripping at the upper benches of the open pit.*

**Keywords**

*Synclinal coal deposits, open-pit mining, mode of mining operations, stripping ratio, pit wall stability, pit wall deformation, advanced stripping of overburden, safety factor.*

**For citation**

Kiryushina E.V., Zenkov I.V., Conde A.S., Yuronen Yu.P., Mironova Zh.V., Latyntsev A.A., Raevich K.V., Shtresler K.A., Redkin D.V. Studying the mode of open-pit mining operations at a two-seam synclinal coal deposits in the Krasnoyarsk Territory. *Ugol'*. 2025;(4):66-70. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-66-70.

**ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы основной тенденцией в мировом недропользовании является увеличение объемов добычи угля. В Красноярском крае в открытой разработке находятся мульдообразные двухпластовые месторождения. Такие месторождения разрабатываются открытым способом в ходе разноски одного борта карьера. Особенностью порядка отработки мульдообразных месторождений является неизбежность производства открытых горных работ как по падению, так и по восстанию угольных пластов. В обоих случаях необходимо проводить исследование режима горных работ с учетом горно-геологического строения месторождения и физико-механических характеристик горных пород, что в противном случае приводит на практике к деформациям рабочего борта карьера с вытекающими негативными последствиями для людей и техники. В мировом недропользовании имеется множество случаев уничтожения горных и транспортных машин и гибели производственного персонала, что является следствием деформации рабочих бортов карьеров. В горном деле исследованиям режима открытых горных работ с учетом устойчивости горных выработок уделяется большое внимание, о чем свидетельствуют результаты работ по геомеханике, представленных в краткой подборке тематических научных трудов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

**СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ И СТРУКТУРЫ  
КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ В КАРЬЕРАХ  
ПО ДОБЫЧЕ УГЛЯ НА ДВУХПЛАСТОВЫХ  
МУЛЬДООБРАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

В последнее десятилетие в Красноярском крае наблюдается рост объемов добычи угля открытым способом на мульдообразных месторождениях с резко различающимися горно-геологическими характеристиками. Вместе с тем отметим, что тенденция роста объемов добычи угля не соответствует резолюциям ООН о необходимости улучшения климата на нашей планете [11]. С аналогичным в некоторой степени горно-геологическим строением имеются продуктивные участки на месторождениях бокситов в Республике Гвинея. В линейку угольных месторождений в нашем исследо-

**ЮРОНЕН Ю.П.**

*Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского государственного университета  
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия*

**МИРОНОВА Ж.В.**

*Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия*

**ЛАТЫНЦЕВ А.А.**

*Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия*

**РАЕВИЧ К.В.**

*Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия*

**ШТРЕСЛЕР К.А.**

*Старший преподаватель  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия*

**РЕДЬКИН Д.В.**

*Горный инженер  
Сибирского научно-исследовательского  
института горного и маркшейдерского дела,  
660025, г. Красноярск, Россия*



вании вошли месторождения с двумя пластами, средняя суммарная мощность которых равна 12 м, при средней глубине залегания в замковой части 60 м. На всех месторождениях угля в карьерах в движении находится один рабочий борт, и на место отработанных угольных пластов отсыпают вскрышные породы. На перевалке части вскрышных пород в выработанное пространство установлены драглайны ЭШ-10/70, ЭШ-15/90. На вскрышных работах экскаваторно-автомобильные комплексы состоят из ЭКГ-5 и ЭКГ-8 и автосамосвалов грузоподъемностью до 55 т. Добычные работы выполняют с использованием ЭКГ-5 и автосамосвалов грузоподъемностью до 55 т. Такая комплектация горных работ горнотранспортным оборудованием характерна для карьеров на Переясловском, Канском и Ирбейском бурогольных месторождениях. На Большесырском и Орловском месторождениях на выемке вскрышных пород и на добыче угля работают гидравлические экскаваторы типа обратная лопата с ковшом вместимостью 2,5 куб. м в комплексе с автосамосвалами общего назначения грузоподъемностью 30-35 т. На Большесырском месторождении на перевалке вскрышных пород в выработанное пространство используют драглайны ЭШ-10/70. Отметим, что экскаваторно-автомобильные комплексы характеризуются значительной мобильностью и позволяют оперативно решать множество задач при ведении открытых горных работ.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА ДВУХПЛАСТОВЫХ МУЛЬДООБРАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ**

Особенностью строения мультислойных угольных месторождений является наличие трех секторов с различающимися горно-геологическими характеристиками: в границах сектора АВ угольные пласты погружаются в угленосную толщу, в секторе ВС (замковая часть мульды) угольные пласты залегают горизонтально, и в секторе CD угольные пласты залегают под наклоном в направлении от замковой части мульды к земной поверхности (рис. 1).

На рис. 1 линиями красного цвета показаны конфигурации рабочего борта карьера на разных этапах отработки месторождения угля. Важнейший показатель работы любого карьера – текущий коэффициент вскрыши, имеющий два аспекта технологического и экономического характера, существенно различается по этапам открытой разработки мультислойных месторождений угля. При работе карьера в секторе АВ объем выемки вскрышных пород будет ежегодно увеличиваться до подхода дна карьера (точка Е) к замковой части месторождения (точка В), что будет постоянно приводить к увеличению текущего коэффициента вскрыши по линейной зависимости с положительными коэффициентами в уравнении при его аналитическом определении. В этом положении конфигурация борта карьера определяется линией EF.

Увеличение глубины карьера в случае принятия технологических регламентов горных работ (высота уступа, ширина рабочих площадок) в секторе отрезка АВ ближе к точке А без их изменения приведет к снижению запаса устойчивости рабочего борта на середине этого отрезка и ближе к точке В. Классические подходы к определению геометрических параметров рабочего борта карьера при его движении и вследствие этого увеличении его глубины приведут к изменению во времени коэффициента запаса устойчивости рабочего борта в сторону его уменьшения.

Далее горные работы развивают в условиях отработки угольных пластов в замковой части на отрезке ВС. На этом отрезке не происходит увеличение глубины карьера, а вследствие этого коэффициент запаса устойчивости его борта будет иметь постоянное значение. При отработке замковой части мультислойного месторождения угля уровень текущего коэффициента вскрыши изменений не претерпевает и находится на уровне, достигнутом в точке В (рис. 2). Исключение составляет этап отработки месторождения в замковой части перед началом производства горных работ в секторе CD.

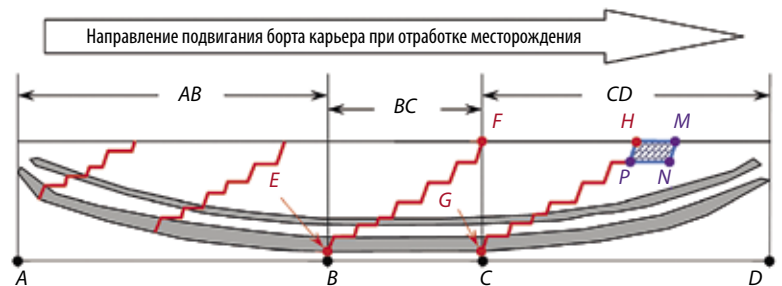


Рис. 1. Схема геологического строения мультислойного угольного месторождения с выделением технологических секторов  
Fig. 1. A schematic representation of the geological structure of a synclinal two-seam coal deposit with identification of technological sectors

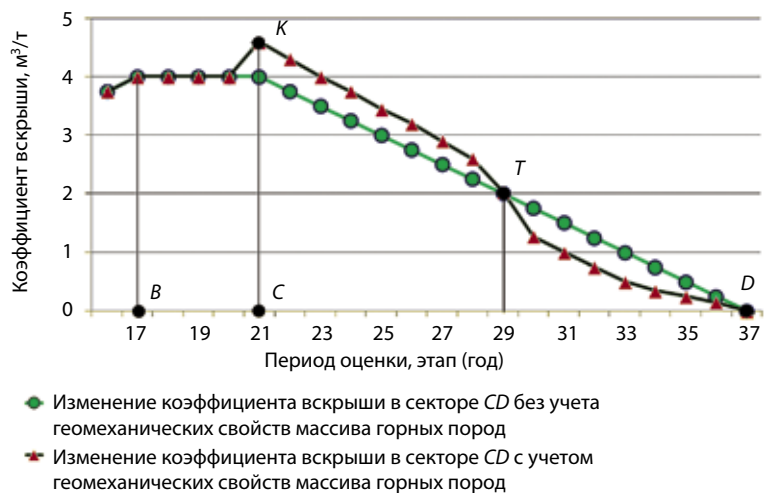


Рис. 2. Изменение текущего коэффициента вскрыши при открытой разработке мультислойного угольного месторождения в замковой части и в секторе восстания угольных пластов  
Fig. 2. Changes in the current stripping ratio during the open-pit development of a synclinal coal deposit in the turn part and in the rising section of the coal seams

При подходе нижнего добычного уступа к точке *C* (см. рис. 1) на угледобывающем предприятии дальнейшее развитие горных работ может производиться по двум альтернативным вариантам: продолжать разноску рабочего борта карьера в принятом направлении от точки *A* к точке *D*, либо произвести вскрытие угольных пластов вдоль выхода неразрабатываемого крыла мульды под наносы. В последнем варианте необходимы финансовые вложения не менее 550 млн руб. на горно-капитальные работы по строительству разрезной траншеи (вертикальное сечение разрезной траншеи – 900 м<sup>2</sup> при длине 2000 м), в контурах которой будет произведена выемка вскрышных пород до кровли верхнего угольного пласта и из которой будет производиться понижение горных работ с целью вскрытия верхнего, а в дальнейшем нижнего угольных пластов. При развитии горных работ по этому варианту в направлении от точки *D* к точке *A* изменение уровня текущего коэффициента вскрыши будет определяться линейной зависимостью, как и в случае определения этого показателя на отрезке *AB*, где угольные пласты погружаются в угленосную толщу. Заранее будем считать этот вариант проигрышным, поскольку его реализация сопряжена с поиском и освоением значительных финансовых и других ресурсов.

По второму – рабочему варианту деятельности угледобывающего предприятия на отрезке *CD* начинается период работы карьера, на протяжении которого горные работы будут развиваться по восстанию угольных пластов. Конфигурация рабочего борта при прохождении нижним добычным уступом точки *C* показана линией *GH*. В этом секторе угольные пласты расположены в толще горных пород таким образом, что угол, образованный линией откоса борта карьера и линией подошвы нижнего угольного пласта, значительно меньше аналогичного показателя в секторе *AB*, что приводит к значительному снижению уровня коэффициента запаса устойчивости рабочего борта карьера.

Для снижения вероятности деформации борта карьера необходимо производить опережающую выемку вскрышных пород. Этот объем вскрышных работ выполняют на верхнем вскрышном уступе, а в некоторых случаях – на группе верхних вскрышных уступов для разгрузки рабочего борта карьера и повышения его устойчивости. В нашем исследовании на рис. 1 контур опережающей выемки вскрышных пород на верхнем уступе показан фигурой с точками *HMNP*. Для более наглядного понимания практической реализации второго варианта отработки угольного месторождения в секторе восстания угольных пластов были получены зависимости изменения текущего коэффициента вскрыши без учета опережающей выемки вскрышных пород на верхнем уступе и с учетом более интенсивной экскавации вскрышных пород на верхнем уступе (см. рис. 2). Рост коэффициента вскрыши в точке *K* объясняется тем, что при подходе дна карьера к точке *C* заранее и с опережением по времени необходимо выполнить объем вскрышных работ с целью снятия нагрузки на нижние уступы и повышения коэффициента запаса устойчивости рабочего борта карьера. В ходе математического

моделирования установлено, что изменение коэффициента вскрыши при работе карьера в секторе восстания угольных пластов на отрезках [*KT*] и [*TD*] определяется полиномами до четвертой степени, при этом величина достоверности аппроксимации ( $R^2$ ) равна 0,9903.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При открытой разработке мульдообразных двухпластовых угольных месторождений исследование режима горных работ необходимо проводить дифференцированно с учетом особенностей производства горных работ по падению и восстанию угольных пластов, а также в замковой части месторождений. Регулирование режима горных работ на мульдообразных двухпластовых угольных месторождениях в сложных геомеханических условиях производится на основе устанавливаемых зависимостей между углом пространственного расположения угольных пластов в угленосной толще и объемом вскрышных работ, обеспечивающих производство безопасного ведения добычных работ, обеспечивающих необходимый объем выемки угля. Изменение текущего коэффициента вскрыши при отработке мульдообразных угольных месторождений с учетом безопасного режима производства открытых горных работ в секторе погружения пластов в угленосную толщу и в замковой части находится в прямой зависимости от глубины разработки угленасыщенного участка, суммарной мощности пластов и физико-механических свойств отрабатываемых горных пород, а в секторе восстания угольных пластов изменение этого показателя определяется полиномами до четвертой степени.

### Список литературы • References

1. Геомеханические проблемы отработки нижних горизонтов месторождения Южное (Приморский край) / М.А. Ломов, А.В. Сидляр, А.В. Константинов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. № 12-2. С. 87-99. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-122-0-87.  
Lomov M.A., Sidlyar A.V., Konstantinov A.V., Grunin A.P. Geomechanical challenges of mining the lower levels of the Yuzhnoye deposit (Primorsky Krai). *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2023; (12-2):87-99. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2023-122-0-87.
2. Protosenya A.G., Belyakov N.A., Bouslova M.A. Modelling of the stress-strain state of block rock mass of ore deposits during development by caving mining systems. *Journal of Mining Institute*. 2023;(262):619-627.
3. Анализ обрушения бортов на железорудном карьере Уэнса в Северо-Восточном Алжире методом конечных элементов: причины и выводы для контроля устойчивости / Ф. Бельгелиль, М. Фредж, А. Саадун и др. // Записки Горного института. 2024. Т. 268. С. 576-587.  
Belguelliel F., Fredj M., Saadoun A., Boukarm R. Finite element analysis of slope failure in Ouenza open-pit iron mine, NE Algeria: causes and lessons for stability control. *Zapiski Gornogo instituta*. 2024;(268): 576-587. (In Russ.).
4. Мустафин М.Г., Валькова Е.О. Маркшейдерско-геомеханическое обоснование методики наблюдений за деформациями бортов карьеров // Уголь. 2024;(7):55-61. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-55-61.

- Mustafin M.G., Valkova E.O. Surveying and geomechanical justification for the methods of quarry sides deformations observation. *Ugol'*. 2024;(7):55-61. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-55-61.
5. Опыт стабилизации оползневых процессов на Уртуйском разрезе / О.А. Исыянов, Д.И. Ильдеров, В.И. Супрун и др. // Горный журнал. 2021. № 1. С. 102-106.  
Isyanov O.A., Ilderov D.I., Suprun V.I., Radchenko S.A. Experience of landslide processes stabilization at the Urtuyskiy strip mine. *Gornyj zhurnal*. 2021;(1):102-106. (In Russ.).
  6. Liren Ban, Zhigang Tao, Weisheng Du, Yuhang Hou. A consecutive joint shear strength model considering the 3D roughness of real contact joint surface. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2023;33(5): 617-624.
  7. Chang F., Li H., Don S., Yin H. Pre-, Co-, and Post-Failure Deformation Analysis of the Catastrophic Xinjing Open-Pit Coal Mine Landslide, China, from Optical and Radar Remote Sensing Observations. *Remote Sens*. 2025;(17):19. <https://doi.org/10.3390/rs17010019>.
  8. Kavvadas M., Roumpos C., Servou A., Paraskevis N. Geotechnical Issues in Decommissioning Surface Lignite Mines – The Case of Amyntaion Mine in Greece. *Mining*. 2022;(2):278-296. DOI: 10.3390/mining2020015.
  9. Akram Deiminiat, Jonathan D. Aubertin, Yannic Ethier. On the calibration of a shear stress criterion for rock joints to represent the full stress-strain profile. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2024; 16(2):379-392. DOI: 10.1016/j.jrmge.2023.07.019.
  10. Jianhua Yan, Xiansen Xing, Zhihai Li et al. Development of a DFN-based probabilistic block theory approach for bench face angle design in open pit mining. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2024;(16):3047-3062. DOI: 10.1016/j.jrmge.2024.02.028.
  11. <https://www.un.org/ru/climatechange/climate-ambition-summit>.

#### Authors Information

**Kiryushina E.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Zenkov I.V.** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation, Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

**Conde A.S.** – Mining engineer, RUSSKY ALUMINY LIMITED, Conakry, BP 6506, Republic of Guinea

**Yuronen Yu.P.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

**Mironova Zh.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Latyntsev A.A.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Raevich K.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Shtresler K.A.** – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Redkin D.V.** – Mining engineer, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 10.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received February 10, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025



## Шахта «Алардинская» возобновила работу



Шахта «Алардинская» Распадской угольной компании (РУК) возобновила работу. Для этого были проведены все необходимые технические и организационные мероприятия. Участок по добыче угля, где в декабре 2024 г. произошел экзогенный пожар, изолирован. Угрозы здоровью и жизни людей нет. Все системы обеспечения безопасного ведения горных работ функционируют в штатном режиме.

«Алардинская» – единственная шахта в составе РУК, добывающая коксующийся уголь марки КС. В настоящее время количество готовых к отработке промышленных запасов составляет свыше 420 млн т. Общая протяженность действующих выработок – более 70 км. Проектная мощность шахты – 3 млн т угля в год.

Пресс-служба РУК



УДК 004.942 © П.В. Симонин<sup>1</sup>, С.А. Анохин<sup>2</sup>, Ю.Б. Надточий<sup>1</sup>, А.А. Кузьмина<sup>3</sup>, Е.А. Костромина<sup>4</sup>, Н.В. Капустина<sup>1</sup>, О.Т. Семчишина<sup>3</sup>, Э.Р. Мухаррамова<sup>1</sup>, 2025

UDC 004.942 © P.V. Simonin<sup>1</sup>, S.A. Anokhin<sup>2</sup>, Yu.B. Nadtochiy<sup>1</sup>, A.A. Kuzmina<sup>3</sup>, E.A. Kostromina<sup>4</sup>, N.V. Kapustina<sup>1</sup>, O.T. Semchishina<sup>3</sup>, E.R. Mukharramova<sup>1</sup>, 2025

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия

<sup>1</sup> Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 105064, Москва, Россия

<sup>2</sup> State University of Land Use Planning, Moscow, 105064, Russian Federation

<sup>3</sup> НИТУ МИСИС, 119049, Москва, Россия

<sup>3</sup> National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation

<sup>4</sup> Филиал ЧОУВО «Московский университет им. С.Ю. Витте» в г. Сергиевом Посаде, 141303, г. Сергиев Посад, Россия

<sup>4</sup> Witte Moscow University, Branch in Sergiev Posad, Sergiev Posad, 141303, Russian Federation

✉ e-mail: pvsimonin@fa.ru, simoninp-v@mail.ru

✉ e-mail: pvsimonin@fa.ru, simoninp-v@mail.ru

# Концептуальная модель цифровой экосистемы Индустрии 5.0: проблемы интеграции машинного и человеческого интеллекта

## A conceptual model of Industry 5.0 digital ecosystem: challenges of integrating machine and human intelligence

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-71-75>

Установлено что интеграция человеческого и машинного интеллекта является частью нейро-цифровой экосистемы. В процессе формирования мета-когнитивного взаимодействия человека и роботов требуется усиленное использование искусственного и человеческого интеллекта. Выстраивание технологических процессов при участии промышленных роботов и коботов позволяет решить проблему нехватки рабочей силы, выполнить сложные рутинные задачи и способствует снижению нагрузки на персонал что способствует повышению общей организационной производительности. Авторы предлагают использовать концептуальную модель нейро-цифровой промышленной экосистемы в условиях Индустрии 5.0, которая отвечает современным потребностям промышленности. Обосновываются перспективы интеграции нейро-цифровой и HR-экосистемы, развития киберсоциальных метаэкосистем, коллаборативных процессов, усиления мер по интеграции информационных технологий, стратегических инициатив и кадровой политики.

**Ключевые слова:** нейро-цифровая экосистема, Индустрия 5.0, промышленные роботы, коботы, коллаборативные навыки, стратегии, кадровая политика.

**Для цитирования:** Концептуальная модель цифровой экосистемы Индустрии 5.0: проблемы интеграции машинного и человеческого интеллекта / П.В. Симонин, С.А. Анохин, Ю.Б. Надточий и др. // Уголь. 2025;(4):71-75. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-71-75.

### СИМОНИН П.В.

Канд. экон. наук, доцент, доцент Кафедры Операционного и отраслевого менеджмента Факультета «Высшая школа управления» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия, e-mail: pvsimonin@fa.ru, simoninp-v@mail.ru

### АНОХИН С.А.

Доктор экон. наук, доцент, профессор кафедры менеджмента и управления сельскохозяйственным производством ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 105064, г. Москва, Россия, e-mail.ru: asa70.70@yandex.ru

**НАДТОЧИЙ Ю.Б.**

Канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры  
Стратегического и инновационного развития  
Факультета «Высшая школа управления»  
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при  
Правительстве Российской Федерации»,  
125167, г. Москва, Россия,  
e-mail: Yflnjxbq-7e@yandex.ru

**КУЗЬМИНА А.А.**

Канд. экон. наук, доцент, доцент  
кафедры Экономики НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: kuzmina.aa@isis.ru

**КОСТРОМИНА Е.А.**

Канд. филол. наук, доцент,  
заведующий кафедрой  
Менеджмента и маркетинга  
Филиала ЧОУВО «Московский университет  
им. С.Ю. Витте» в г. Сергиевом Посаде,  
141303, г. Сергиев Посад, Россия,  
e-mail: ea\_kostromina@mail.ru

**КАПУСТИНА Н.В.**

Доктор экон. наук, профессор кафедры  
Экономической безопасности  
и управления рисками  
Факультета экономики и бизнеса  
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при  
Правительстве Российской Федерации»,  
125167, г. Москва, Россия,  
e-mail: NVKapustina@fa.ru

**СЕМЧИШИНА О.Т.**

Канд. экон. наук, доцент, доцент  
кафедры Экономики НИТУ МИСИС,  
119049, Москва, Россия,  
e-mail: olship@inbox.ru

**МУХАРРАМОВА Э.Р.**

Канд. экон. наук, доцент, доцент Кафедры  
общего и проектного менеджмента  
Факультета «Высшая школа управления»  
ФГБОУ ВО «Финансовый университет  
при Правительстве Российской Федерации»,  
125993, г. Москва, Россия,  
e-mail: emrra@yandex.ru

**Abstract**

*It has been established that integration of the human and machine intelligence is part of the neuro-digital ecosystem. The process of forming meta-cognitive interaction between humans and robots requires enhanced use of artificial and human intelligence. Designing technological processes with participation of industrial robots and cobots makes it possible to solve the challenge of manpower shortage, perform complex routine tasks and helps to reduce the workload on personnel, which contributes to the increase of overall organizational productivity. The authors propose to use a conceptual model of neuro-digital industrial ecosystem in the context of Industry 5.0, which meets the modern needs of the industry. The research justifies the prospects of integrating the neuro-digital and HR ecosystems, developing cyber-social meta-ecosystems, collaborative processes, strengthening the integration of the information technology, strategic initiatives and HR policy.*

**Keywords**

*Neuro-digital ecosystem, Industry 5.0, industrial robots, cobots, collaborative skills, strategies, HR policies.*

**For citation**

Simonin P.V., Anokhin S.A., Nadochiy Yu.B., Kuzmina A.A., Kostromina E.A., Kapustina N.V., Semchishina O.T., Mukharramova E.R. A conceptual model of Industry 5.0 digital ecosystem: challenges of integrating machine and human intelligence. *Ugol*. 2025;(4):71-75. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-71-75.

**МАШИННЫЙ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ИНТЕЛЛЕКТ**

Процесс объединения машинного интеллекта и человеческого интеллектуального капитала в рамках Индустрии 5.0 позволяет охарактеризовать ее как нейро-экосистемную модель [1]. Ввиду этого нейро-цифровая экосистема в рамках концепции Индустрии 5.0 в большей степени связана с совокупностью нейро-цифровых платформ, которые действуют на рынках и в отраслях промышленности, которые обеспечивают мета-когнитивное взаимодействие между людьми и технологиями, объединяя на основе нейро-цифровой трансформации материальный мир (технические системы, технологические комплексы, информационные системы и т.д.) и с интеллектуальным миром людей [2].

Кроме того, уже сейчас ряд промышленных цифровых платформ создают прочную инфраструктурную основу для цифровой экономики и распространения связанных с ней технологий. Однако в РФ пока отсутствует в достаточной мере единое цифровое пространство [3], что, по сути, не объединяет совместные исследования и разработки, а также имеющиеся перспективные технологии, новые продукты из-за наличия разных факторов и отсутствия эффективных моделей взаимодействия [4].

На данном этапе мы лишь отметим, что цифровые экосистемы, основанные на цифровых технологиях, возникают прежде всего как реакция на долгосрочные социальные и экономические изменения, в частности на снижение эффективности деятельности предприятий и рынков – двух традиционных методов организации производственной деятельности человека [5].

**ПРОБЛЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И РОБОТОВ**

В любом случае, внедрение реального взаимодействия человека и роботов является более сложной задачей, чем автоматизация отдельных рабочих процессов, и поэтому вовлеченные агенты должны осуществлять совместные действия, разделять намерения,

а также ставить общие цели [6], а это требует внедрения искусственного интеллекта (ИИ) [7], промышленных роботов [8] (рис. 1), которые способны не только эффективно взаимодействовать но и выполнять задачи, которые обеспечиваются человеческим интеллектом в процессе мета-когнитивного взаимодействия и коллаборации.

Однако ключевая особенность состоит в том, что коллаборативные роботы («коботы») распознают присутствие людей и могут работать вместе в одном пространстве с людьми. Использование роботов и коботов решает проблему нехватки рабочей силы и способствует снижению нагрузки на персонал. Они могут быть развернуты на рабочих местах с высокой нагрузкой и делегированы для выполнения простых или опасных задач, но и для выделения ценных человеческих ресурсов на основные задачи, требующие более творческого подхода [10], однако это требует соответствующего экономического, технологического и социального обоснования для внедрения в промышленности.

Так, например, коллаборативные роботы уже сейчас обеспечивают выполнение современных промышленных процессов сложных рутинных задач, таких как сортировка и упаковка, что повышает общую организационную производительность во взаимодействии с персоналом [11]. В соответствии с указом Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.» уже сейчас обозначена стратегическая задача войти в топ-25 стран мира по показателю плотности роботизации к 2030 г., и поэтому предприятия в обозримом будущем, вероятно, будут использовать примерно 94 тыс. роботов [12].

### ПРОГНОЗ РОСТА РЫНКА ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ И НЕЙРО-ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

К примеру, традиционная промышленная робототехника будет занимать наибольшую долю рынка и будет расти со среднегодовым темпом роста 9,75%. Промышленный робот – это прежде всего роботизированная система, предназначенная для использования в обрабатывающей и добывающей промышленности, которая является многофункциональным манипулятором с искусственным интеллектом, запрограммированным на различные движения. Она обладает механическими руками, способностью реагировать на сенсорные данные, способностью общаться с другими машинами и принимать решения.

В такой же мере, чтобы снизить затраты, сэкономить время и производить продукцию более высокого качества, компании автоматизируют производственный процесс для улучшения качества и повышения производительности. Кроме того, автоматизация внутренних процессов снижает нагрузку на сотрудников, а роботы, совместно функционирующие в единой рабочей среде, используются для повышения производительности, особенно в опасных зонах.

Тем не менее важно подчеркнуть, что первоначальная настройка роботов требует высоких затрат на развертывание и навыков интеграции, что препятствует компании решиться на внедрение роботов. Сочетание



Источник [9]: ASC, 2025.

Рис. 1. Структура топ-10 стран по количеству промышленных роботов (на 10 тыс. работников)

Fig. 1. Structure of the top 10 countries by the number of industrial robots (per 10000 employees)

высококачественного аппаратного обеспечения и мощной программной системы управления для создания роботизированной системы приведет к высоким первоначальным инвестициям и текущим затратам на техническое обслуживание. Кроме того, использование роботов с искусственным интеллектом (ИИ) создаст предпосылки для наращивания прибыли и рентабельности отдельных промышленных предприятий [13].

Механизмы разработки инновационных услуг и выпуск сложных продуктов с добавленной стоимостью как главных элементов интернационализации, по сути, определили условия для последующей перестройки процессов из-за международной конкуренции и активного развития цифровых технологий в условиях санкций [15]. Поэтому для реализации бизнес-стратегии многие промышленные компании выбрали инструменты бережливого управления, локализации трудовых отношений на основе производственного аутсорсинга и труда и получения предельной краткосрочной прибыли [16].

### НЕЙРО-ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ

В долгосрочной перспективе развитие российской промышленности кроме вышеперечисленного, возможно, благодаря превентивным мерам, направленным на реализацию стратегии нейро-цифровых экосистем для прорывного технологического развития с учетом нового технологического уклада (рис. 2).

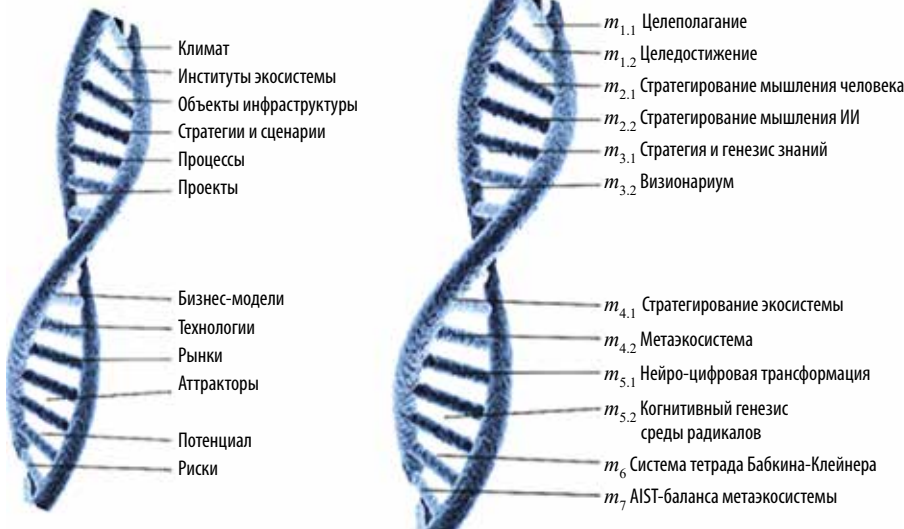
К тому же уже сейчас формируется инновационное пространство нейро-сетевой трансформации киберсоциальных мета-экосистем, которые позволяют многократно повысить эффективность предприятий (рис. 3).

Следовательно, уже сейчас требуются инвестиции в цифровую и роботизированную инфраструктуру в коллаборации с человеческой деятельностью, которая будет сопровождаться эффективными системами регулирования и механизмами управления.



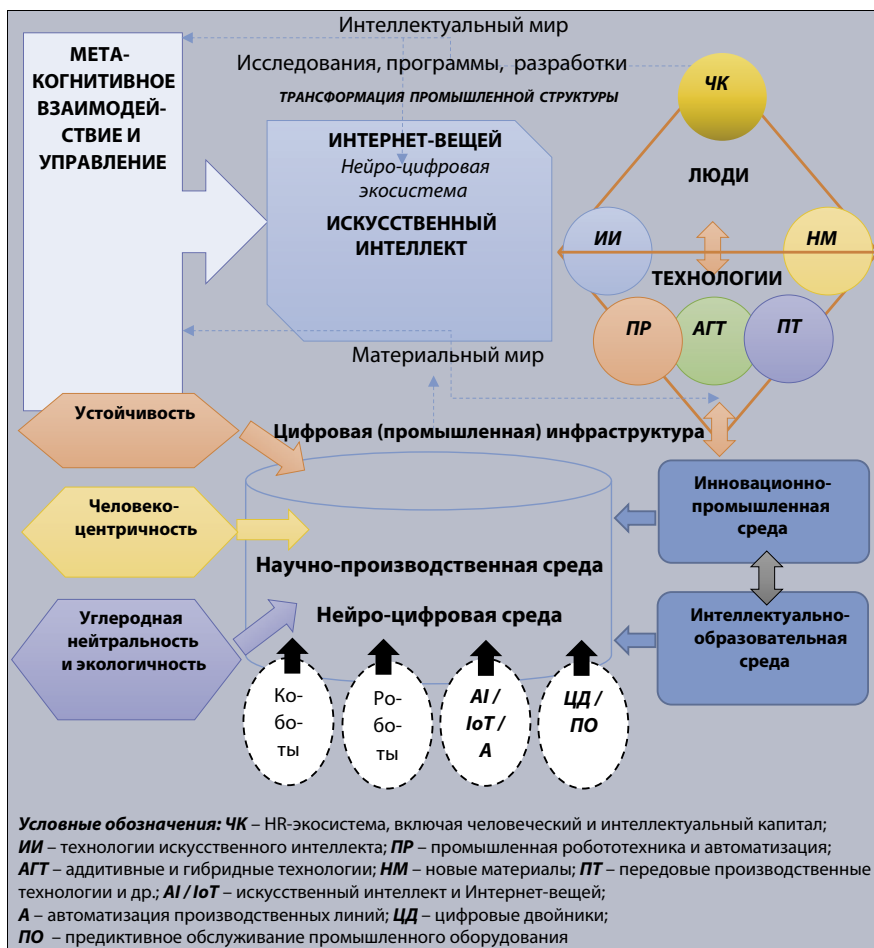
Геном (А) цифровой трансформации

Геном (В) нейро-цифровой трансформации



Источник [14]: Бабкин и др., 2023.

Рис. 2. Модель нейро-цифровой трансформации киберсоциальных метаэкосистем  
Fig. 2. A model of neuro-digital transformation of cybersocial meta-ecosystems



Источник: разработка авторов

Рис.3. Концептуальная модель нейро-цифровой промышленной экосистемы в условиях Индустрии 5.0  
Fig. 3. A conceptual model of neuro-digital industrial ecosystem in the context of Industry 5.0

**ВЫВОДЫ**

Таким образом, при формировании модели цифровой экосистемы Индустрии 5.0 важно уделять особое внимание цифровой инфраструктуре и развитию цифровых и коллаборативных навыков, усилению мер по интеграции информационных технологий в более широкую стратегию социально-экономического развития. В то же время российские промышленные предприятия должны четко выработать стратегические инициативы и кадровую политику, направленные на интеграцию нейро-цифровой и HR-экосистемы с целью обеспечения формирования инновационной промышленной структуры, которая обеспечит реализацию эффективной системы управления инновационной и образовательной средой в том числе с помощью искусственного интеллекта.

**Список литературы • References**

1. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либерман И.В. и др. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие // Экономика промышленности. 2021. № 14(4). С. 377. Babkin A.V., Fedorov A.A., Liberman I.V. et al. Industry 5.0: concept, formation and development. *Ekonomika promyshlennosti*. 2021;14(4):377. (In Russ.).
2. Федоров А.А., Либерман И.В., Корягина С.И. и др. Технология проектирования нейро-цифровых экосистем для реализации концепции Индустрия 5.0 // *π-Economy*. 2021. Т. 14. № 3. С. 24-25. Fedorov A.A., Liberman I.V., Koryagina S.I. et al. Neuro-digital ecosystem design technology for the implementation of the Industry 5.0 concept. *π-Economy*. 2021;14(3):24-25. (In Russ.).
3. Цифровая экономика: управление индустрией 4.0: Кол. авторов; под редакцией П.В. Симонина. М.: РУСАЙНС, 2024. С. 56-57.
4. Федоров А.А., Тыщеская А.Ю., Либерман И.В. и др. Разработка и внедрение системы элитного инженерно-технического образования на основе нейро-цифровой экосистемы для прорывного развития региональных экономик РФ на примере БФУ им. Канта // *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2020. № 4(54). С. 93. Fedorov A.A., Tyshetskaya A.Yu., Liberman I.V. et al. Development and implementation of prestigious engineering and tech-

- nical education based on neuro-digital ecosystem for breakthrough development of regional economies of the Russian Federation on the example of IKBFU. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa*. 2020;(4):93. (In Russ.).
5. Arcidiacono D., Borghi P., Ciarini A. et al. Platform work: from digital promises to labor challenges. *Partecipazione e conflitto*. 2019;(12):611-628.
  6. Kolbeinsson A., Lagerstedt E., Lindblom J. Foundation for a classification of collaboration levels for human-robot cooperation in manufacturing. *Production & Manufacturing Research*. 2019;7(1):448-471.
  7. Сорокин В.А. Цифровизация в различных областях индустрии. Новые возможности и последствия // Научные труды Московского гуманитарного университета. 2025. №. 5.  
Sorokin V.A. Digitalization in various fields of the industry. New opportunities and consequences. *Nauchnye trudy Moskovskogo gumanitarnogo universiteta*. 2025;(5). (In Russ.).
  8. Перфильев А.А., Шарипов Ф.Ф., Дьяконова М.А. Управление проектами развития бизнеса в условиях цифровизации // Управление. 2025. Т. 12. №. 4. С. 70-78.  
Perfilyev A.A., Sharipov F.F., Dyakonova M.A. Project management of business development in the context of digitalization. *Upravlenie*. 2025;12(4):70-78. (In Russ.).
  9. Which country has the most industrial robots in the world? Available at: <https://amekabuclub.com/industrial-robot-density-ranking-2025/> (accessed 15.03.2025).
  10. What is Industry 5.0 (Fifth Industrial Revolution)? Available at: [https://staff.persol-xtech.co.jp/hatalabo/mono\\_engineer/679.html](https://staff.persol-xtech.co.jp/hatalabo/mono_engineer/679.html) (accessed 15.03.2025).
  11. Савин С. В., Мурзин А. Д. Роль искусственного интеллекта в создании новых бизнес-моделей в цифровой экономике: от цифровизации до полностью автоматизированных решений // Мир новой экономики. 2025. Т. 18. №. 4. С. 10.  
Savina S.V., Murzin A.D. The role of artificial intelligence in creating new business models in the digital economy: from digitalisation to fully automated solutions. *Mir novej ekonomiki*. 2025;18(4):10. (In Russ.).
  12. Цифровая экономика. Институт статистических исследований и экономики знаний. Экспресс-информация. ВШЭ. 2024. С. 3.
  13. Global Robotics Technology Market (2025~2033) by Component, Robot Type, and Others. Available at: <https://www.marketresearch.co.jp/insights/robotics-technology-market-stra/> (accessed 15.03.2025).
  14. Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М. Индустрия 5.0 и интеллектуальная экономика: основы нейро-цифровой трансформации киберсоциальных метаэкосистем высокотехнологичных промышленных комплексов // *п-Еconomy*. 2023. Т. 16. №. 5. С. 15.  
Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M. Industry 5.0 and intelligent economy: fundamentals of neuro-digital transformation of cyber social meta-ecosystems of high-tech industrial complexes. *п-Еconomy*. 2023;16(5):15. (In Russ.).
  15. Шпилькина Т.А., Ковалев А.И., Филимонова Н.Н. Современный рынок труда и особенности его развития в условиях санкций и цифровизации и устойчивого развития // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. №. 8. С. 268-274.
  16. Casilli A., Posada J. The platformization of labor and society. Society and the internet: How networks of information and communication are changing our lives. 2019:293-306.

#### Authors Information

**Simonin P.V.** – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operations and Industry Management, Higher School of Management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: pvsimonin@fa.ru, simoninp-v@mail.ru

**Anokhin S.A.** – Doctor of Economic sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Management and Management of Agricultural, State University of Land Use Planning, e-mail.ru: asa70.70@yandex.ru

**Nadtochiy Yu.B.** – PhD (Pedagogical), Associate Professor, Associate Professor of Department of Strategic and Innovative Development of the Faculty «Higher School of Management», Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: Yflnjxbq-7e@yandex.ru

**Kuzmina A.A.** – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic, National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: kuzmina.aa@misis.ru

**Kostromina E.A.** – PhD (Philological), Associate Professor, Head of the Department of Management and Marketing, Witte Moscow University, Branch in Sergiev Posad, Sergiev Posad, 141303, Russian Federation, e-mail: ea\_kostromina@mail.ru

**Kapustina N.V.** – Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Economic Security and Risk Management, Faculty of Economics and Business, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: NVKapustina@fa.ru

**Semchishina O.T.** – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic, National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: olship@inbox.ru

**Mukharramova E.R.** – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of General and Project Management, Higher School of Management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: emrra@yandex.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 17.01.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received January 17, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

# Моделирование устойчивого развития угледобывающих регионов России в условиях цифровизации\*

## Modeling the sustainable development of coal mining regions of Russia in the context of digitalization

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-76-81>

### ЛЫЩИКОВА Ю.В.

Канд. экон. наук, доцент,  
доцент кафедры прикладной экономики  
и экономической безопасности  
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный  
национальный исследовательский университет»,  
308015, г. Белгород, Россия,  
e-mail: lyshchikova@bsuedu.ru

### ДОБРОДОМОВА Т.Н.

Канд. экон. наук, доцент,  
доцент кафедры прикладной экономики  
и экономической безопасности  
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный  
национальный исследовательский университет»,  
308015, г. Белгород, Россия,  
e-mail: dobrodomova\_t@bsuedu.ru

В статье на основе обобщения результатов предыдущих исследований авторов предложены модель «умной» устойчивой территории и система показателей ее оценки в разрезе шести основных направлений. С использованием качественных методов исследования отобраны факторные и результирующий признаки устойчивого развития угледобывающих регионов в условиях цифровизации. После проверки на мультиколлинеарность на основе корреляционно-регрессионного анализа в пакете анализа данных Microsoft Excel построена модель множественной регрессии, подтверждены теснота связи между факторными и результирующим показателем и статистическая значимость модели. Определены дальнейшие направления исследования: многопараметрическое моделирование устойчивого развития угледобывающих регионов; тестирование взаимосвязи и взаимовлияния признаков, характеризующих цифровую инфраструктуру и охрану окружающей среды; дифференцированный подход к учету в модели факторов цифровизации угледобывающих регионов в зависимости от уровня их цифровой зрелости и устойчивости.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, цифровая трансформация, региональная экономика, модель множественной регрессии, «умная» устойчивая территория.

**Для цитирования:** Лыщикова Ю.В., Добродомова Т.Н. Моделирование устойчивого развития угледобывающих регионов России в условиях цифровизации // Уголь. 2025;(4):76-81. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-76-81.

### Abstract

Based on the generalization of the results of previous research by the authors, the article proposes a model of a smart sustainable territory and a system of indicators for its assessment in the context of six main directions. Using qualitative research methods, factorial and effective signs of sustainable development of coal mining regions in the context of digitalization are identified.

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01636, <https://rscf.ru/project/23-28-01636/>.



talization were selected. After checking for multicollinearity, a multiple regression model was built based on correlation and regression analysis in the Microsoft Excel data analysis package, the closeness of the relationship between the factorial and the resulting indicator and the statistical significance of the model were confirmed. Further directions of research are defined: multiparametric modeling of sustainable development of coal mining regions; testing the interconnection and mutual influence of features characterizing digital infrastructure and environmental protection; a differentiated approach to taking into account the factors of digitalization of coal mining regions in the model, depending on the level of their digital maturity and sustainability.

#### Keywords

Sustainable development, digital transformation, regional economy, multiple regression model, smart sustainable territory.

#### Acknowledgements

The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-28-01636, <https://rscf.ru/project/23-28-01636/>.

#### For citation

Lyshchikova Yu.V., Dobrodomova T.N. Modeling the sustainable development of coal mining regions of Russia in the context of digitalization. *Ugol'*. 2025;(4):76-81. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-76-81.

## ВВЕДЕНИЕ

Согласно классической парадигме устойчивого развития, основной целью экономических субъектов микро-, мезо- и макроуровней становится обеспечение высоких экономических результатов за счет бережного и эффективного использования ресурсов без ущерба для будущих поколений с учетом социальной направленности и экологической безопасности. В то же время сейчас устойчивое развитие экономических систем любого уровня происходит в условиях перманентного внедрения цифровых инноваций, которые при этом не должны служить некоей самоцелью, а являются инструментом стимулирования экономического, социального и экологического развития.

Изучению влияния инновационной активности и цифровизации на устойчивое развитие посвящено множество научных работ отечественных и зарубежных ученых. В рамках одного из исследований отмечается, что правительствам развивающихся стран следует больше инвестировать в использование искусственного интеллекта для достижения целей устойчивого развития в области инноваций, развития инфраструктуры и сокращения бедности [1]. В статье китайских авторов исследовано влияние технологических и цифровых инноваций на развитие региональной экономики [2]. Основанная на данных региональной статистики статья еще одного китайского ученого направлена на эмпирическое изучение влияния технологических инноваций на загрязнение окружающей среды и рассматривает сдерживающую роль развития Интернета в этой сфере [3].

Интересным представляется исследование влияния инновационных факторов на развитие региональных экономических систем в условиях цифровой экономики, основанное на использовании моделей нелинейной дина-

мики [4]. Полученные авторами параметры динамических изменений позволили установить темпы изменения исследуемых функций развития региональных экономических систем в условиях цифровизации, а также выявить наиболее оптимальные параметры для управления развитием региональных экономических систем под воздействием инновационных факторов. Весьма актуальными видятся попытки многокритериальной оценки устойчивого развития и поиска сбалансированных показателей по различным направлениям для достижения оптимального уровня устойчивого развития регионов на основе многопараметрических моделей с использованием методов математического моделирования, нейронных сетей и кластерного анализа [5]. В качестве отдельного направления моделирования можно выделить разработку цифровых инструментов, сервисов и платформ для исследования, визуализации и прогнозирования влияния цифровизации и научно-технического прогресса на устойчивое развитие регионов [6].

Поскольку территориальное устройство России характеризуется широким пространственным охватом, высоким уровнем дифференциации, разнообразием уникальных количественных и качественных характеристик, то устойчивое развитие в нашей стране не может быть реализовано без устойчивого развития регионов. Это касается и угледобывающих регионов России, устойчивое развитие которых может характеризоваться целым рядом специфических экономических [7], социальных [8] и экологических [9] проблем. При этом в российском и зарубежном научном дискурсе наблюдается определенный дефицит исследований в области моделирования устойчивого развития угледобывающих регионов в современных условиях, в том числе в контексте цифровизации.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования определены 23 угледобывающих региона Российской Федерации, территориально расположенные в различных федеральных округах, отдельные аспекты устойчивого развития которых в условиях цифровой трансформации были уже проанализированы нами ранее [10]. Предметом исследования является процесс развития региональной экономики с точки зрения экономических, социальных и экологических приоритетов ее устойчивости во взаимосвязи с процессами цифровизации. Таким образом, исследование направлено на оценку вероятных последствий воздействия цифровизации на устойчивость регионального развития, возможностей минимизации негативных последствий цифровизации с точки зрения приоритетов региональной устойчивости и поддержки положительных последствий для последующей разработки системы рекомендаций по адаптации политики обеспечения устойчивости регионального развития к экономическому и технологическому контексту цифровизации.

Для отбора факторных и результативных признаков устойчивого развития регионов в условиях цифровизации были использованы качественные методы (экспертный опрос, фокус-группы и глубинные интервью с учеными-экспертами в области региональной и пространственной экономики, устойчивого развития, цифровизации) и статистические методы проверки показателей на мультикол-

линейность. Методы корреляционно-регрессионного анализа были использованы для построения регрессионной модели, определения степени влияния изменения значений факторов на результирующий показатель, оценки надежности и адекватности модели.

Эмпирической основой исследования выступили материалы статистического сборника «Регионы России. Социально-экономические показатели 2023» [11]. Все аналитические расчеты проводились в пакете анализа данных Microsoft Excel.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Устойчивое развитие регионов, как правило, оценивается на основе показателей, определяющих степень достижения экономических, социальных и экологических критериев для удовлетворения заинтересованных сторон. При этом показатели должны иметь количественную характеристику, достаточно полно охватывать различные аспекты деятельности региона, не дублировать друг друга и быть официально опубликованы государственными органами для обеспечения объективности и прозрачности выводов.

На основе обобщения результатов собственных исследований, проведенных ранее [12], в рамках эволюционной концепции «умного» устойчивого развития,

предполагающей содействие цифровым технологиям, человеческому капиталу, инновациям, жизнестойкости и устойчивому развитию территориальных сообществ, нами предложены модель «умной» устойчивой территории и система показателей ее оценки в разрезе шести основных направлений (рис. 1).

Серьезной проблемой в задачах моделирования устойчивого развития территорий становится сокращение размерности в системах показателей, поскольку компоненты устойчивого развития характеризуются множеством взаимозависимых показателей, имеющих стохастический характер формирования. При этом многие показатели также демонстрируют разнонаправленный характер взаимовлияния. Например, экологические показатели быстро улучшаются при сокращении производства. Социальные показатели, с одной стороны, зависят от полученной прибыли, а с другой – снижают перспективную прибыль и, соответственно, будущие инвестиции в основной капитал.

Для отбора наиболее релевантных факторных и результирующих признаков устойчивого развития угледобывающих регионов в условиях цифровизации нами были использованы качественные методы (экспертный опрос, фокус-группы и глубинные интервью с экспертами). В итоге в качестве результирующего признака был определен объ-

ем валового регионального продукта на душу населения. Также были определены факторные признаки, характеризующие цифровую и физическую инфраструктуру, охрану окружающей среды, экономическое развитие, человеческий капитал и социальное равенство (рис. 2). Следует отметить, что выбор показателей ограничивался доступными данными российской региональной статистики за 2022 г., поэтому релевантные показатели по направлению «Умное» управление» так и не были подобраны.

На следующем этапе исследования была проведена проверка независимых переменных модели на мультиколлинеарность. Для этого мы построили матрицу коэффициентов корреляции по шести факторным признакам (табл. 1).

Поскольку коэффициент корреляции между параметрами  $X_1$  и  $X_2$  принимает значение больше 0,7, между ними существует тесная связь, то есть наблюдается явление мультиколлинеарности. Наличие в угледобывающих регионах России прямой тесной взаимосвязи между затратами на внедрение и использование цифровых технологий и улавливанием загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, безусловно, заслуживает внимания и дополнитель-



Рис. 1. Направления и составляющие «умного» устойчивого развития территорий (составлено авторами)

Fig. 1. Directions and components of the “smart” sustainable development of territories (compiled by the authors)

ного дальнейшего исследования с точки зрения оценки влияния развития цифровой инфраструктуры на сохранение окружающей среды. Но, поскольку данные факторные признаки характеризуются мультиколлинеарностью, мы исключили параметры  $X_1$  и  $X_2$  и построили матрицу коэффициентов корреляции по оставшимся четырем факторным признакам (табл. 2).

После того, как мы и убедились в отсутствии тесной связи между независимыми переменными, на основе корреляционно-регрессионного анализа нами было получено уравнение регрессии, отражающее зависимость результативного признака от факторных признаков, которое имеет вид:

$$y = 7328,59 + 0,002x_3 - 0,61x_4 + 17845,1x_5 + 89,9x_6.$$

Далее мы оценили тесноту связи между результативным признаком и факторными признаками по шкале Чеддока. Коэффициент множественной корреляции равен 0,72, следовательно, между результативным признаком и факторными признаками существует сильная связь.

Исходя из построенной модели, изменение валового регионального продукта на душу населения в угледобывающих регионах России на 51,9% может быть объяснено изменениями инвестиций в основной капитал, заболеваемости на 1000 чел. населения, коэффициента Джини и общей площади жилых помещений, приходящейся в среднем на одного жителя, а также на 48,1% – неучтенными в нашей модели факторами.

Также согласно выводам, в пакете анализа данных Microsoft Excel на основе F-критерия Фишера мы определили, что с вероятностью 0,95 наше уравнение линейной множественной регрессии является статистически значимым.

Согласно построенной модели, валовой региональный продукт на душу населения угледобывающих регионов России может изменяться следующим образом:

- вырасти на 0,002 тыс. руб., если инвестиции в основной капитал изменятся на 1 млрд руб. при условии, что остальные факторы останутся неизменными;
- снизиться на 0,61 тыс. руб., если заболеваемость на 1000 чел. населения изменится на 1‰ при условии, что остальные факторы останутся неизменными;

- вырасти на 17845,1 тыс. руб., если коэффициент Джини изменится на 1‰ при условии, что остальные факторы останутся неизменными;
- вырасти на 89,9 тыс. руб., если общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, изменится на 1 м<sup>2</sup> при условии, что остальные факторы останутся неизменными.

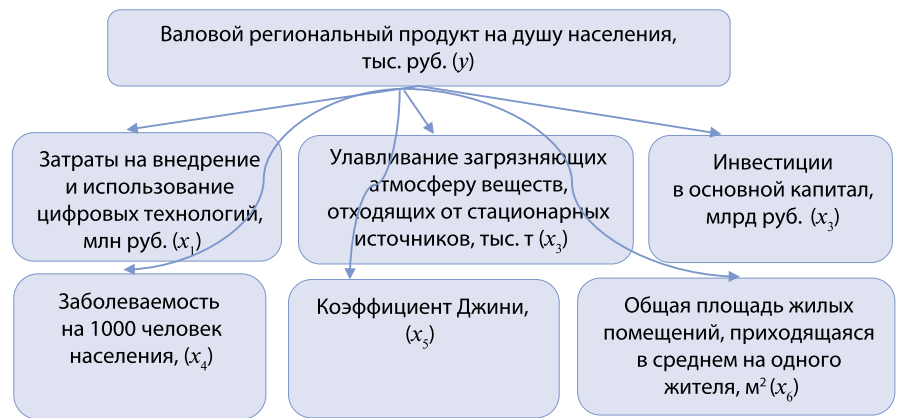


Рис. 2. Модель взаимосвязи результативного и факторных признаков устойчивого развития региона

Fig. 2. A model of the relationship between the resultant and factor attributes of the sustainable regional development

Таблица 1

### Матрица коэффициентов корреляции по шести независимым переменным\*

Matrix of correlation coefficients for six independent variables

	y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>
y	1	–	–	–	–	–	–
x <sub>1</sub>	0,173633	1	–	–	–	–	–
x <sub>2</sub>	0,279628	0,705272	1	–	–	–	–
x <sub>3</sub>	0,506915	0,492031	0,619627	1	–	–	–
x <sub>4</sub>	0,060424	–0,08679	–0,07984	0,080367	1	–	–
x <sub>5</sub>	0,541895	0,155591	0,093895	0,34402	0,170301	1	–
x <sub>6</sub>	0,320533	0,203159	0,132784	0,135454	0,197797	0,016629	1

\* Рассчитано авторами по данным Федеральной службы государственной статистики РФ. Регионы России. Социально-экономические показатели 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 15.03.2025).

Таблица 2

### Матрица коэффициентов корреляции по четырем независимым переменным\*

Matrix of correlation coefficients for four independent variables

	y	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>
y	1	–	–	–	–
x <sub>3</sub>	0,506915	1	–	–	–
x <sub>4</sub>	0,060424	0,080367	1	–	–
x <sub>5</sub>	0,541895	0,34402	0,170301	1	–
x <sub>6</sub>	0,320533	0,135454	0,197797	0,016629	1

\* Рассчитано авторами по данным Федеральной службы государственной статистики РФ. Регионы России. Социально-экономические показатели 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 15.03.2025).



Таким образом, в результате нашего исследования мы выяснили, что на размер ВРП на душу населения угледобывающих регионов России из шести предложенных нами факторов оказывают влияние только четыре. К ним относятся инвестиции в основной капитал, заболеваемость на 1000 чел. населения, коэффициент Джини и общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, то есть на устойчивое развитие территорий оказывали влияние такие составляющие из предложенных нами в модели «умной» устойчивой территории, как экономическое развитие, человеческий капитал, социальное равенство и физическая инфраструктура.

При этом следует отметить необходимость дальнейшего тестирования иных возможных факторных признаков, характеризующих цифровую инфраструктуру и охрану окружающей среды, а также исследования их взаимовлияния для последующего включения данных переменных в модель. Также следует констатировать, что, поскольку 48,1% возможного изменения валового регионального продукта на душу населения угледобывающих регионов России может быть объяснена неучтенными в полученной нами модели факторами, это ставит вопрос о расширении перечня факторных признаков, характеризующих все шесть предложенных направлений «умного» устойчивого развития, что, безусловно, будет учтено и реализовано в дальнейших исследованиях.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует отметить, что формирующаяся в настоящее время эволюционную концепцию «умного» устойчивого развития следует рассматривать как основу для повышения экономической эффективности, экологической безопасности, качества жизни и управления в угледобывающих регионах, одновременно требующую инновационных цифровых инструментов и методов для обеспечения успешной реализации.

Формирование новой модели «умного» устойчивого экономического развития способствует изменению отраслевой структуры экономики угледобывающих регионов, определению новых технологических и социальных приоритетов, поскольку отрасли постиндустриальной экономики (высокотехнологичная промышленность, информационные технологии и коммуникации, научные исследования и разработки и т.д.), характеризующиеся более низкой ресурсо- и энергоемкостью, способны расти темпами, опережающими рост валового регионального продукта в целом, в результате чего их доля в ВРП увеличивается.

В качестве дальнейших направлений исследования нужно отметить многопараметрическое моделирование устойчивого развития угледобывающих регионов, определение факторных и результативных показателей устойчивого развития с включением показателей внедрения и использования цифровых технологий и дифференцированного подхода к учету факторов цифровизации угледобывающих регионов в зависимости от уровня их цифровой зрелости и устойчивости. Это может позволить

найти оптимальный баланс факторных и результативных признаков на основе оценки и анализа взаимосвязей между показателями и поиска оптимального решения.

### Список литературы • References

- Mhlanga D. Artificial intelligence in the 4.0 industry and its impact on poverty, innovation, infrastructure development, and sustainable development goals: Lessons from emerging economies? *Sustainability*. 2021;13(11):5788. DOI: 10.3390/su13115788.
- Liu X., Chen Z. Research on the Impact of Technological Innovation on Regional Economic Development under the Background of Internet. In: Xu Z., Parizi R.M., Loyola-González O., Zhang X. (eds) *Cyber Security Intelligence and Analytics*. CSIA 2021. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021. Vol. 1343. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69999-4-43>.
- Wu J. Research on the Impact of Technological Innovation on Environmental Pollution – Based on the Moderating Effect of Internet Development. *Proceedings of 2nd International Symposium on Architecture Research Frontiers and Ecological Environment*. 2019. Vol. 143(2). 02054. DOI: 10.1051/e3sconf/202014302054.
- Tulchynska S., Popelo O., Garafonova O., Yaroshenko I., Semyulina I. Modeling the influence of innovative factors on sustainable development of regions in the context of digitalization. *Journal of Management Information and Decision Sciences*. 2021;24(8):1-8.
- Leonova T., Vinogradov L., Burylov V., Mozaleva, N. Modeling of Regions Sustainable Development Based on Digital Technologies. In Kovalev I.V., Voroshilova A.A., Budagov A.S. (Eds.). *Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society (ICEST-II 2021)*. 2021. Vol. 116. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences (pp. 707-716). European Publisher. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.09.02.79>.
- Bolsunovskaya M.V., Kudryavtseva T.Y., Rudskaya I.A., Gintciak A.M., Zhidkov D.O., Fedyaevskaya D.E., Burlutskaya Z.V. Digital Platform for Modeling the Development of Regional Innovation Systems of Russian Federation. *International Journal of Technology*. 2023;14(8):1779-1789. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i8.6843>.
- Цивилева А.Е., Голубев С.С. Методология стратегического управления угледобывающими предприятиями в чрезвычайный период // Стратегирование: теория и практика. 2022. Т. 2. № 4. С. 470-482. DOI: 10.21603/2782-2435-2022-2-4-470-482. Tsvileva A.E., Golubev S.S. Methodology of strategic management of coal mining enterprises in an emergency period. *Strategizing: theory and practice*. 2022;2(4):470-482. DOI: 10.21603/2782-2435-2022-2-4-470-482. (In Russ.).
- Уколова Л.И. Прогнозирование потребности в научно-педагогических кадрах для развития высшего горного образования в области угледобычи // Уголь. 2024. № 2. С. 23-30. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-2-23-30. Ukolova L.I. Forecasting the need for scientific and pedagogical personnel for the development of higher mining education in the field of coal mining. *Ugol'*. 2024;(2):23-30. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-2-23-30.
- Шутько Л.Г. Процесс управления нарушенными землями в угледобыче как фактор снижения эколого-социальных ограничений развития региона // Уголь. 2023. № 6. С. 30-35. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-30-35. Shutko L.G. Management of disturbed lands in coal mining as a factor to reduce the environmental and social constraints in the region's

development. *Ugol'* 2023;(6):30-35. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-30-35.

10. Лышчикова Ю.В. Проблемы и перспективы внедрения концепции «Умный регион» в угледобывающих субъектах Российской Федерации // Уголь. 2024. № 1. С. 25-31. DOI: 10.18796/0041-57902024-1-25-31.  
Lyshchikova Yu.V. Problems and prospects of implementation of the "Smart Region" concept in the coal mining regions of the Russian Federation. *Ugol'* 2024;(1):25-31. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-25-31.
11. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. Регионы России. Социально-экономические показатели 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 15.03.2025).
12. Лышчикова Ю.В. Концепция «умная деревня» как новый подход к устойчивому развитию сельских территорий // АПК: экономика, управление. 2024. № 3. С. 103-116. DOI: 10.33305/243-103.  
Lyshchikova Yu.V. The concept of "smart village" as a new approach to sustainable development of rural areas. *APK: ekonomika, upravlenie*. 2024;(3):103-116. DOI: 10.33305/243-103. (In Russ.).

#### Authors Information

**Lyshchikova Yu.V.** – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security of the Belgorod State National Research University, Belgorod, 308015, Russian Federation, e-mail: lyshchikova@bsuedu.ru

**Dobrodomova T.N.** – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security of the Belgorod State National Research University, Belgorod, 308015, Russian Federation, e-mail: dobrodomova\_t@bsuedu.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 3.12.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received December 3, 2024

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

## «Динамические Системы» представила новый продукт СКАТ для автоматизации терминалов

27 февраля 2025 г. в Сочи состоялся Первый международный контейнерный конгресс TransNova 2025, собравший ведущих экспертов в области логистики и транспорта.

Главная задача TransNova 2025 – объединить профессионалов мирового контейнерного бизнеса для обсуждения ключевых вопросов, обмена опытом и установления сотрудничества между отраслевыми лидерами.

Участники мероприятия рассмотрели важнейшие темы, касающиеся развития контейнерных перевозок, внедрения цифровых решений в логистические процессы и использования инновационных технологий в транспортной инфраструктуре. Особое внимание было уделено вопросам, связанным с доставкой грузов по РЖД, включая перегруженность железнодорожных магистралей; необходимости разработки цифровых моделей для мониторинга перемещения контейнеров, таких как электронные трекары; а также росту потребности в развитии и строительстве новых «сухих портов» на территории России.

На конгрессе были представлены современные решения для улучшения логистических цепочек и усиления конкурентоспособности российских и зарубежных компаний.

**Самуэль Левин, генеральный директор компании «Динамические Системы»** в своем докладе представил



новое решение СКАТ (система комплексной автоматизации терминала), которая обрабатывает данные о вагонах, используя информацию из натурального листа (ТГНЛ), получаемого через железнодорожную систему ЭТРАН или другие автоматизированные программы доставки грузов. Продукт оснащен российским программным обеспечением и совместим с различными системами управления.

Самуэль Левин отметил готовность компании поддержать инициативы РЖД по полной автоматизации подъездных путей для крупных владельцев железнодорожных ветвей, акцентируя внимание на значимости железнодорожной логистики для производственных предприятий.

«Компания уже реализовала проекты, обеспечивающие вывод вагонов с погрузочных площадок горнодобывающих и металлургических предприятий. В рамках этих проектов внедренная технология показала свою экономическую эффективность в решении задач повышения производительности, сокращения времени разгрузки и распределения товаров на складах, а также уменьшения потребностей в технике и снижении нагрузки на диспетчеров для обработки грузопотоков», – подчеркнул в своем докладе

**Самуэль Левин.**

УДК 004.942 © Н.И. Лиманова<sup>1</sup>, М.И. Иваев<sup>1</sup>, В.В. Варлухин<sup>1</sup>, Т.А. Корнеева<sup>2</sup>, 2025

UDC 004.942 © N.I. Limanova<sup>1</sup>, M.I. Ivaev<sup>1</sup>, V.V. Varlukhin<sup>1</sup>, T.A. Korneeva<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, Россия  
<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», 443090, г. Самара, Россия  
✉ e-mail: nataliya.i.limanova@gmail.com

<sup>1</sup> Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, 443010, Russian Federation,  
<sup>2</sup> Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation  
✉ e-mail: nataliya.i.limanova@gmail.com

# О преимуществах практического применения систем бизнес-аналитики в угольной логистике

## Business intelligence systems practical application benefits in the coal logistics

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-82-85>

### ЛИМАНОВА Н.И.

Доктор техн. наук, заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, Россия, e-mail: nataliya.i.limanova@gmail.com

### ИВАЕВ М.И.

Старший преподаватель кафедры «Цифровая экономика» ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, Россия, e-mail: ivaevmarat@yandex.ru

### ВАРЛУХИН В.В.

Студент кафедры «Цифровая экономика» ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, Россия, e-mail: vvarlukhin@bk.ru

### КОРНЕЕВА Т.А.

Доктор экон. наук, профессор кафедры «Учет, анализ и экономическая безопасность» ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», 443090, г. Самара, Россия, e-mail: korneeva2004@bk.ru

В данной статье рассматривается проблема принятия логистического решения в угольной промышленности. Из-за недостаточности эффективных инструментов анализа данных процесс выбора оптимального маршрута с учетом наиболее актуальных данных занимает большое количество времени. Для решения данной проблемы необходимо использовать современные системы бизнес-аналитики, благодаря которым можно не только использовать большое количество источников для анализа, но и применять новые инструменты для анализа данных, в том числе нейросети. Автоматизация сбора актуальной информации позволит экономить время профессиональных логистов, освобождая их от рутинных задач по обновлению имитационных моделей, которые часто используются при выстраивании логистических цепочек. Система бизнес-аналитики позволит также получать различную инфографику для детального рассмотрения каждого из возможных маршрутов. В статье представлены модели бизнес-процессов работы логистического отдела до и после внедрения BI-системы в нотации IDEF0. Анализ представленных моделей показал, что внедрение рассматриваемых систем позволит сократить бизнес-процесс, автоматизировав два из шести его этапов.

**Ключевые слова:** логистика, IDEF0, принятие решений, оптимизация, бизнес-процессы, BI-системы.

**Для цитирования:** О преимуществах практического применения систем бизнес-аналитики в угольной логистике / Н.И. Лиманова, М.И. Иваев, В.В. Варлухин и др. // Уголь. 2025;(4):82-85. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-82-85.

### Abstract

This article discusses the problem of making a logistical decision in the coal industry. Due to the lack of effective data analysis



tools, the process of choosing the optimal route based on the most up-to-date information takes a long time. To solve this problem, it is necessary to use modern business intelligence systems, thanks to which it is possible not only to use a large number of sources for analysis, but also to apply new tools, including neural networks. Automating the collection of up-to-date information will save professional logisticians time by freeing them from the routine tasks of updating simulation models, which have been used in building logistics chains. The business intelligence system will also allow you to receive various infographics for a detailed review of each of the possible routes. The article presents models of business processes of the logistics department before and after the implementation of the BI-system in the IDEF0 notation. As a result of the compiled models analysis, the implementation of the considered systems will reduce the process by automating two of its six stages.

### Keywords

logistics, IDEF0, decision making, optimization, business processes, BI-systems.

### For citation

Limanova N.I., Ivaev M.I., Varlukhin V.V., Korneeva T.A. Business intelligence systems practical application benefits in the coal logistics. *Ugol'*. 2025;(4):82-85. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-82-85.

## ВВЕДЕНИЕ

На текущий момент различные компании из сектора угольной промышленности постепенно начинают использовать различные высокотехнологичные инструменты и методы для повышения эффективности своей работы: интернет-вещей (IoT), имитационное моделирование, различные аналитические системы и так далее [1]. При этом одной из крайне актуальных проблем является проблема выстраивания и проверки логистических маршрутов. Про-

цесс логистики в угольной промышленности достаточно специфичен. [2, 3]. В связи с этим выбор наиболее эффективного маршрута в конкретный момент времени достаточно проблематичен. К техническим средствам, способным упростить процесс выбора оптимального маршрута, можно отнести системы бизнес-аналитики.

## МЕТОДЫ

Системы бизнес-аналитики (BI-системы) позволяют собирать, анализировать информацию и представлять результаты анализа в различных графических представлениях (схемы, графики, интерактивные дашборды) [4]. Инструменты для анализа информации отличаются от системы к системе: от расчета различных статистических коэффициентов до использования методов, основанных на глубоком обучении моделей искусственного интеллекта [5, 6].

Использование BI-систем позволит ускорить процесс выбора оптимального маршрута. Это обусловлено большим количеством источников входных данных для анализа. В сравнении с популярными в ряде логистических систем методами имитационного моделирования выбор наиболее эффективного маршрута с помощью систем бизнес-аналитики позволит не только быстрее принимать решение, но и использовать большее количество наиболее актуальных данных в процессе принятия данного управленческого решения [7, 8]. Процесс построения и корректировки имитационной модели требует значительного количества времени, что не позволяет в кратчайшие сроки принять качественное управленческое решение об изменении маршрутов транспортировки угля.

Для получения наиболее актуальной информации в процессе выбора наиболее эффективного маршрута необходимо осуществить возможность проверки доступности каждого из участков всех доступных маршрутов в момент принятия решения. Одним из способов осуществления



Рис. 1. Работа логиста до внедрения BI-системы

Fig. 1. Work of a logistics specialist before implementation of the BI-system

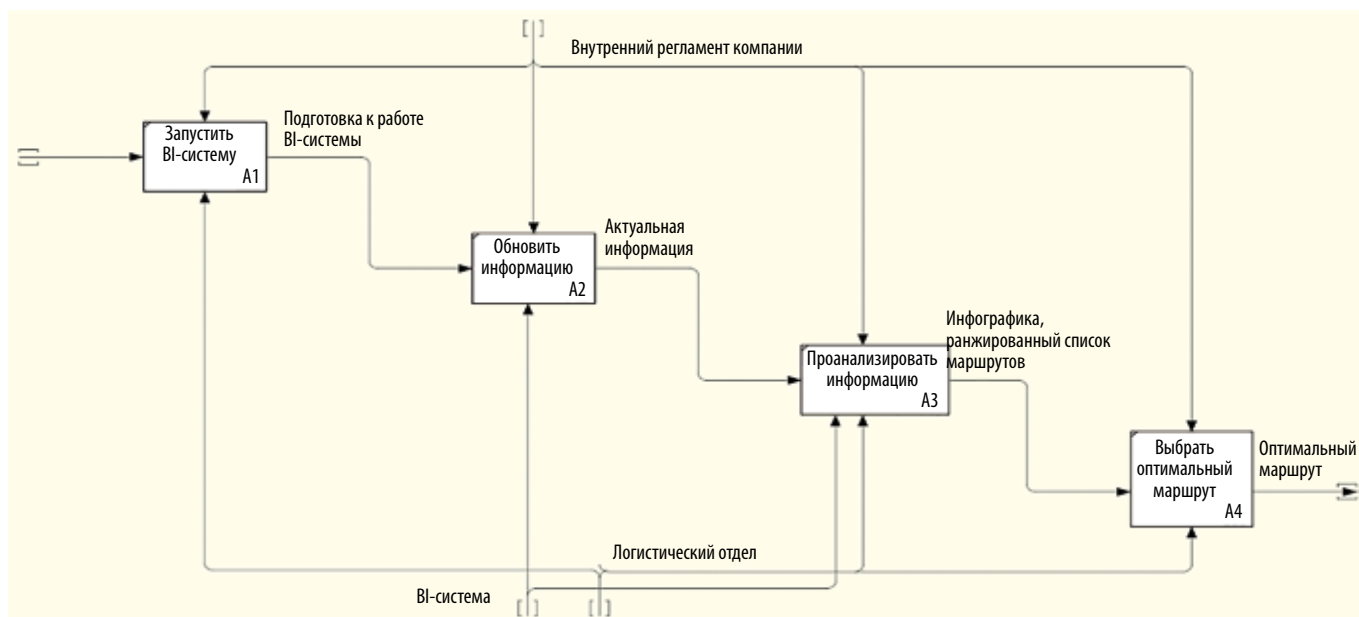


Рис. 2. Работа логиста после внедрения BI-системы

Fig. 2. Work of a logistics specialist after implementation of the BI-system

такого подхода является реализация муравьиного алгоритма, в котором юниты, расставленные по маршрутам, будут «прослушивать» друг друга, получая информацию о доступности каждого из участков дороги [3]. Результаты выполнения алгоритма поступают в BI-систему, которая предоставляет лицу, принимающему решение о выборе оптимального маршрута, наиболее актуальные сведения о каждом маршруте.

### СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Для наглядной иллюстрации преимуществ использования BI-систем были построены модели бизнес-процесса работы логиста до и после внедрения системы в нотации IDEF0 (рис. 1, 2) [9].

Из рис. 1, 2 следует, что до внедрения BI-системы процесс состоял из шести этапов:

1. Обновить информацию из биржи грузоперевозок для актуализации цен;
2. Обновить информацию из геоинформационной системы (ГИС) для актуализации доступности маршрутов;
3. Получив необходимые актуальные данные, внести их в имитационную модель (ИМ);
4. Запустить имитационную модель;
5. Проанализировать ранжированный список маршрутов, полученный в ходе работы с имитационной моделью;
6. Выбрать оптимальный маршрут на основе полученного списка.

После внедрения BI-системы бизнес-процесс удалось сократить до четырех этапов:

1. Запустить BI-систему для подготовки ее к работе;
2. Обновить информацию. BI-система автономно подключается к различным базам данных для актуализации информации;

3. Проанализировать информацию. В результате анализа лицо, принимающее решение, получит ранжированный список и различную инфографику;

4. Выбрать оптимальный маршрут.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно отметить, что внедрение BI-системы для оптимизации выбора маршрута позволит освободить время квалифицированных сотрудников логистического отдела. В версии бизнес-процесса до внедрения системы значительная часть времени затрачивается на обращение к различным источникам (биржам грузоперевозок и ГИС) с целью актуализации информации в имитационной модели. Система бизнес-аналитики позволит сократить не только этапы сбора информации из старых источников, но и подключить большее количество источников данных, применить новые методы и инструменты анализа, в том числе нейросети, обученные на конкретных специфических данных. Инфографика, полученная в результате работы системы, упростит принятие итогового решения, так как представление информации в различных видах и формах, например на дашбордах, позволит рассмотреть каждый из маршрутов детальнее.

### Список литературы • References

1. Применение технологий больших данных для повышения устойчивости и эффективности угольной промышленности в условиях цифровой трансформации отрасли / И.А. Рождественская, Н.А. Завалько, К.Е. Лукичев и др. // Уголь. 2025;(1):82-92. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-1-82-92. Rozhdestvenskaya I.A., Zaval'ko N.A., Lukichev K.E., Zubenko A.V., Laffakh A.M. Application of big data technologies to improve sustainability and efficiency of the coal industry in conditions of digital transformation of the industry. *Ugol'*. 2025;(1):82-92. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-1-82-92.

2. Зонова О.В., Шевелева О.Б., Слесаренко Е.В. Экспортная угольная логистика: проблемы и перспективы // Уголь. 2023. № 11. С. 54-58. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-54-58.  
Zonova O.V., Sheveleva O.B., Slesarenko E.V. Export coal logistics: problems and prospects. *Ugol*, 2023;(11):54-58. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-54-58.
3. Лиманова Н.И., Иваев М.И., Осанов Н.В. Использование методов машинного обучения в угольной логистике // Уголь. 2024;(9):67-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-9-67-69.  
Limanova N.I., Ivaev M.I., Osanov N.V. Using machine learning methods in coal logistics. *Ugol*. 2024;(9):67-69. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-9-67-69.
4. Цуканова О.А., Ярская А.А. Сущность и роль BI-систем в современной экономике // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. 2021. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-rol-bi-sistem-v-sovremennoy-ekonomike> (дата обращения: 15.03.2025).  
Tsukanova O.A., Yarskaya A.A. The essence and role of BI systems in the modern economy. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya Ekonomika i ekologicheskij menedzhment*, 2021;(2). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-rol-bi-sistem-v-sovremennoy-ekonomike> (accessed 15.03.2025). (In Russ.).
5. Статья «Навр»: «Кейс: аналитическая система с ИИ для «ОЭЗ Технополис «Москва»». [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/modusbi/articles/751488/>.
6. Sina Gholami, Erfan Zarafshan, Reza Sheikh, Shib Sankar Sana. Using deep learning to enhance business intelligence in organizational management. *Data Science in Finance and Economics*. 2023;3(4): 337-353. DOI: 10.3934/DSFE.2023020.
7. Толуев Ю.И. Имитационное моделирование логистических сетей // Логистика и управление цепями поставок. 2008. № 2(25). С. 53-63. Toluyev Yu.I. Simulation logistischer Netze. *Logistika i upravlenie tsepyami postavok*. 2008;(2):53-63. (In Russ.).
8. Дунаенко Н.А., Кудрявцева Т.Ю. Применение цифровых технологий в транспортной логистике // Экономические науки. 2023. № 222. С. 124-129. DOI: 10.14451/1.222.124.  
Dunayenko N.A., Kudryavtseva T.Yu. Application of digital technologies in transportation logistics. *Ekonomicheskije nauki*. 2023;(222):124-129. (In Russ.). DOI: 10.14451/1.222.124.
9. Филимонов Ф.Ю. Интегрированная логистика – основной инструмент повышения конкурентоспособности российских экспортеров угля // Московский экономический журнал. 2019. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integrirrovannaya-logistika-osnovnoy-instrument-povysheniya-konkurentosposobnosti-rossijskih-eksporterov-uglya> (дата обращения: 15.03.2025).  
Filimonov F.Yu. Integrated logistics – the main tool for increasing competitiveness of Russian coal exporters. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal*. 2019;(2), Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/integrirrovannaya-logistika-osnovnoy-instrument-povysheniya-konkurentosposobnosti-rossijskih-eksporterov-uglya> (accessed 15.03.2025). (In Russ.).

**15 лет**

РЕКЛАМА

**НПП ЗАВОД МДУ**

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ЗАВОД МОДУЛЬНЫХ  
ДЕГАЗАЦИОННЫХ УСТАНОВОК»

**ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ДЕГАЗАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ  
МЕТАНА**

**МЕТАН ПОД КОНТРОЛЕМ!**

РОССИЯ  
Г. НОВОКУЗНЕЦК  
ШОССЕ СЕВЕРНОЕ, 8

WWW.ZAVODMDU.RU  
INFO@ZAVODMDU.RU  
ТЕЛ.: +7 (3843) 991-991

#### Authors Information

**Limanova N.I.** – Doctor of Engineering Sciences, Head of the Department of Information Systems and Technologies, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, 443010, Russian Federation, e-mail: nataliya.i.limanova@gmail.com

**Ivaev M.I.** – Senior lecturer of the Department of Digital Economy, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, 443010, Russian Federation, e-mail: ivaevmarat@yandex.ru

**Varlukhin V.V.** – Student of the Department of Digital Economy, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, 443010, Russian Federation, e-mail: vvarlukhin@bk.ru

**Korneeva T.A.** – Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Accounting, Analysis and Economic Security, Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation, e-mail: korneeva2004@bk.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 13.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received February 13, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025



# Универсальный роботизированный горноспасательный комплекс: сценарии применения в угольных шахтах

## Universal robotic mine rescue complex: application scenarios in coal mines

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-86-88>

### ШАХРАМАНЬЯН М.А.

Доктор техн. наук, профессор,  
профессор кафедры  
безопасности жизнедеятельности  
ФГБОУ ВО «Финансовый университет  
при Правительстве РФ»,  
125167, г. Москва, Россия,  
e-mail: 7283763@mail.ru

В процессе добычи угля имеется высокая вероятность возникновения аварий, при которых шахтеры могут оказаться в завалах, без средств жизнеобеспечения. При проведении горноспасательных работ существует высокий риск гибели горноспасателей. В статье приводится описание универсального мультисредного (подземный, наземный, подводный) робототехнического комплекса для проведения аварийно-спасательных работ в условиях шахтных выработок. Приведены сценарии применения этого комплекса при проведении горноспасательных работ. В статье использовались материалы отчета о НИР «Исследования РТК» (3 этап, заключительный), ВНИИПО МЧС России, 2021 (научный руководитель отчета – автор статьи).

**Цели и задачи исследования.** Цель работы заключается в описании технического облика универсального мультисредного (подземный, наземный, подводный) робототехнического комплекса и сценариев его применения при проведении аварийно-спасательных работ в условиях шахтных выработок.

**Результаты и обсуждение.** Результатом статьи является описание технического облика универсального мультисредного (подземный, наземный, подводный) робототехнического комплекса и сценариев его применения при проведении аварийно-спасательных работ в условиях шахтных выработок. Новизна проведенных исследований заключается в комплексном подходе к вопросам описания технического облика роботизированного горноспасательного комплекса и сценариев его применения при проведении горноспасательных работ в угольных шахтах.

**Ключевые слова:** робототехнические комплексы, горноспасательные работы, авария, чрезвычайные ситуации, безопасность жизнедеятельности.

**Для цитирования:** Шахраманьян М.А. Универсальный роботизированный горноспасательный комплекс: сценарии применения в угольных шахтах // Уголь. 2025;(4):86-88. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-86-88.

### Abstract

In the process of coal mining there is a high probability of accidents, in which miners may end up in rubble, without life support. During mine rescue operations, there is a high risk of death of mine rescuers. The article describes a universal multi-medium (underground, aboveground, underwater) robotic complex for emergency

rescue operations in mine workings. Scenarios for the use of this complex during mine rescue operations are given. The article uses the materials of the R&D report "Research on RTK" (stage 3, final), VNIPO EMERCOM of Russia, 2021 (the scientific director of the report is the author of the article).

**Research goals and objectives.** The purpose of the work is to describe the technical appearance of a universal multi-medium (underground, aboveground, underwater) robotic complex and scenarios for its use in emergency rescue operations in mine workings.

**Results and discussion.** The result of the article is a description of the technical appearance of a universal multi-medium (underground, aboveground, underwater) robotic complex and scenarios for its use in emergency rescue operations in mine workings. The novelty of the study lies in the integrated approach to describing the technical appearance of a robotic mine rescue complex and scenarios for its use in mine rescue operations in coal mines.

#### Keywords

Robotic complexes, mine rescue operations, accident, emergency situations, life safety.

#### For citation

Shakhramanyan M.A. Universal robotic mine rescue complex: application scenarios in coal mines. *Ugol'*. 2025;(4):86-88. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-86-88.

## ВВЕДЕНИЕ

Существующий научно-технический и технологический задел в области создания горноспасательной робототехники позволяет разработать ряд экстремальной робототехники для работы в угольных шахтах и горных выработках. Исходя из этапов проведения горноспасательной операции, робототехнические комплексы могут быть разделены на отдельные виды, которые имеют свое конкретное предназначение [1, 2]:

- горноспасательные робототехнические комплексы разведки аварийной обстановки;
- горноспасательные робототехнические комплексы ведения эвакуационных и технологических работ;
- горноспасательные робототехнические комплексы для ведения проходческих работ.

В работе [3] отмечено, что «автоматизированные системы поиска и спасения шахтеров при авариях играют критически важную роль в повышении безопасности на горных предприятиях. Передовые горнодобывающие компании активно внедряют такие системы. Применяются поисковые роботы и беспилотники, оборудованные видеочамерами, газоанализаторами, манипуляторами. Они заменяют людей в опасных зонах. Используются носимые датчики и маяки для определения местоположения заблокированных шахтеров. Роботы доставляют к ним воздух, воду, аптечки до прибытия спасателей».

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Повысить эффективность и безопасность проведения горноспасательных работ в угольных шахтах позволит применение универсального мультисредного (подземный, наземный, подводный) робототехнического комплекса,

прототип которого демонстрировался на международном салоне «Комплексная безопасность 2019» – разработка ООО «Специализированное конструкторско-технологическое бюро прикладной робототехники (рис. 1).

С помощью этого универсального робототехнического комплекса (УРК) возможно проведение в шахтных выработках инспекционных проверок, аварийно-спасательных и взрывотехнических работ. УРК имеет следующие технические характеристики: масса – 120 кг, скорость передвижения на гусеничном ходу – 5 км/ч, на колесном ходу – 5 км/ч, глубина погружения в воду – 10 м, габаритные размеры (980×630×790 мм). УРК имеет навесное и дополнительное оборудование: цветная телевизионная аппаратура, телекамеры, лазерный дальномер, тепловизор.

На рис. 2. представлен сценарий применения УРК для разведки аварийного участка в условиях угрозы взрыва пылегазовоздушной смеси.

Рис. 1. Универсальный робототехнический комплекс

Fig. 1. A universal robotic complex

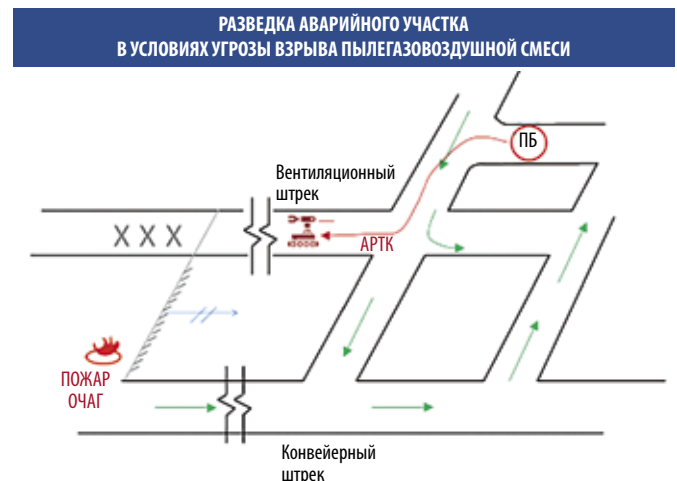


Рис. 2. Сценарий разведки аварийного участка в условиях угрозы взрыва пылегазовоздушной смеси

Fig. 2. A scenario of reconnaissance in an emergency area under the threat of dust-gas-air mixture explosion.

**ДОСТАВКА ПЕРВООЧЕРЕДНОГО ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОСТРАДАВШИМ В АВАРИИ В УСЛОВИЯХ ЧАСТИЧНОГО ПОДТОПЛЕНИЯ ШАХТНОЙ ВЫРАБОТКИ**

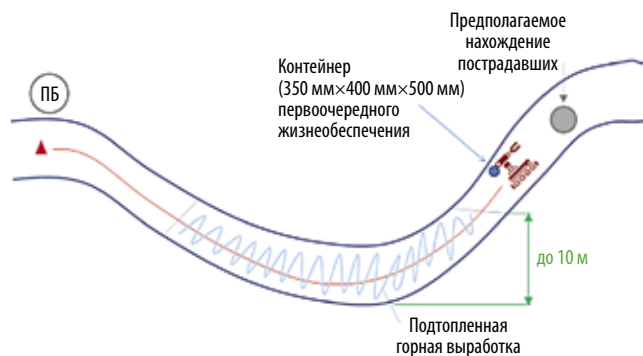


Рис. 3. Сценарий дооказания первоочередного жизнеобеспечения пострадавшим в аварии в условиях частичного подтопления шахтной выработки

Fig. 3. A scenario to deliver primary life necessities to the victims of an accident in the conditions of partial flooding of the mine workings

На рис. 3 представлен сценарий применения УРК по доставке первоочередного жизнеобеспечения пострадавшим в аварии в условиях частичного подтопления шахтной выработки.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Приведенные в статье сведения свидетельствуют о том, что в настоящее время назрела необходимость разработки серийных образцов универсальных мультисредних робототехнических комплексов для проведения аварийных горноспасательных работ в условиях высокого риска гибели горноспасателей.

**Список литературы • References**

1. Саломанов Д.Н. Роботизированный, мобильный горноспасательный комплекс и способы его применения. Патент РФ на изобретение № 2682298С1 от 18.03.2019.
2. Казарян М.Л., Шахрамьян М.А. Космические технологии и робототехнические комплексы в задачах обеспечения безопасности жизнедеятельности процессов добычи угля // Уголь. 2025;(3):79-83. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-3-79-83. Kazaryan M.L., Shakhramanyan M.A. Space technologies and robotic complexes in the tasks of ensuring the safety of vital activity of coal mining processes. *Ugol*. 2025;(3):79-83. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-3-79-83.
3. Афанасьев О. Роботы и искусственный интеллект. М.: Новая эра. Литрес, 2023. 77 с.

**Authors Information**

**Shakhramanyan M.A.** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department of Life Safety, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: 7283763@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 4.02.2025  
 Поступила после рецензирования: 28.02.2025  
 Принята к публикации: 25.03.2025

**Paper info**

Received February 4, 2025  
 Reviewed February 28, 2025  
 Accepted March 25, 2025



**На шахте «Антоновская» Новой Горной УК введен в эксплуатацию новый комбайн**

**18 марта 2025 г. на шахте «Антоновская» введен в эксплуатацию новый проходческий комбайн SANYI, модель EBZ260R. Это первая машина данного производителя на предприятии.**

Масса комбайна составляет 94,5 т, что в два раза больше, чем у ранее использовавшихся на шахте легких комбайнов КП-21 (46 т). Общая мощность нового оборудования – 420 кВт. Комбайн способен проводить выработки по очень крепкой породе, а наличие двух скоростей резания позволяет более эффективно выполнять выемку горной массы в зависимости от ее характеристик. На машине установлены современные системы безопасности: голосовое оповещение, система распознавания «свой-чужой», цифровые датчики контроля взрывозащитного орошения.

Для запуска нового комбайна был полностью сформирован новый забой с электроснабжением для питания оборудования, ленточным конвейером, самозадвигающейся станцией и перегружателем для отгрузки горной массы. Перед выполнением производственных задач машинисты горных выемочных машин на практике, непосредственно на рабочем месте, прошли обучение под

руководством специалистов компании-производителя оборудования SANYI.

Новый комбайн уже показывает высокие результаты. Достигнут суточный показатель проведения – 7 м для выработки общим сечением 23,5 м<sup>2</sup>, что является нормативом для данных условий.

Эксплуатация нового комбайна производится работниками бригады № 5 подготовительного участка № 2 под руководством **бригадира Евгения Вершинина** и кураторством отдела главного механика, а также сервисной службы компании SANYI.

В настоящее время комбайном EBZ260R проводят магистральный конвейерный штрек. Это капитальная выработка, которая вскрывает на фланге новую панель пласта 2ба, где в будущем будут разрабатывать новые выемочные участки.

Пресс-служба Новой Горной УК



УДК 622.822.2 © В.А. Портола<sup>1,2</sup>, В.И. Храмцов<sup>2</sup>,  
Е.А. Киренберг<sup>1,2</sup>, 2025

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный  
технический университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия  
<sup>2</sup> ООО НПО «АЛЗАМИР», 650036, г. Кемерово, Россия  
✉ e-mail: portola2@yandex.ru



UDC 622.822.2 © V.A. Portola<sup>1,2</sup>, V.I. Khramtsov<sup>2</sup>,  
E.A. Kirenberg<sup>1,2</sup>, 2025

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University,  
Kemerovo, 650000, Russian Federation  
<sup>2</sup> LLC Scientific and Production Association "ALZAMIR",  
Kemerovo, 650036, Russian Federation  
✉ e-mail: portola2@yandex.ru

# Оценка эффективности применения способа увлажнения для предупреждения самовозгорания угля

## Assessment of the application efficiency of a wetting method to prevent spontaneous coal combustion

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-89-94>

Профилактика самовозгорания угля позволяет повысить безопасность работ на угольных предприятиях и снизить экономический ущерб от эндогенных пожаров. Проведены исследования влияния увлажнения угля на его сорбционную активность, инкубационный период самовозгорания, коэффициент проницаемости скопления, а также выделение метана, оксида углерода и углекислого газа. Установлено, что увлажнение снижает сорбционную активность угля по отношению к кислороду в течение 15 сут., затем увлажненный уголь становится активной необработанных проб. Для поддержания профилактического эффекта необходима периодическая подача воды в скопления угля. Увлажнение угля резко снижает образование оксида углерода по сравнению с необработанными пробами и не влияет на выделение углекислого газа. Поступление метана из увлажненного угля также меньше, чем из необработанных проб. Однако по мере испарения влаги из угля выделение оксида углерода и метана становится больше, чем у необработанных проб.

**Ключевые слова:** самовозгорание, уголь, профилактика самовозгорания, увлажнение, инкубационный период самовозгорания, константа скорости сорбции кислорода, выделение газов.

**Для цитирования:** Портола В.А., Храмцов В.И., Киренберг Е.А. Оценка эффективности применения способа увлажнения для предупреждения самовозгорания угля // Уголь. 2025;(4):89-94. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-89-94.

### Abstract

Prevention of spontaneous combustion of coal helps to increase the operational safety at coal enterprises and reduce the economic damage caused by spontaneous fires. The article investigates the effects of coal wetting on its sorption activity, the incubation period of spontaneous combustion, the permeability coefficient of coal accumulation, as well as the release of methane, carbon monoxide and

### ПОРТОЛА В.А.

Доктор техн. наук, профессор,  
профессор кафедры Аэрологии,  
охраны труда и природы  
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный  
технический университет  
им. Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
заместитель начальника отдела  
ООО НПО «АЛЗАМИР»,  
650036, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: portola2@yandex.ru

### ХРАМЦОВ В.И.

Канд. техн. наук, начальник отдела  
ООО НПО «АЛЗАМИР»,  
650036, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: khramtsov49@yandex.ru

### КИРЕНБЕРГ Е.А.

Магистрант ФГБОУ ВО «Кузбасский  
государственный технический  
университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
инженер ООО НПО «АЛЗАМИР»,  
650036, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: Omega440@yandex.ru

*carbon dioxide. Wetting was found to reduce the sorption activity of coal with respect to oxygen for 15 days, then the wetted coal becomes more active than the non-treated samples. Periodic wetting of coal accumulations is required to maintain the preventative effect. Coal wetting sharply reduces carbon monoxide formation as compared to non-treated samples and does not affect carbon dioxide emission. Methane release from wetted coal is also lower than from the non-treated samples. However, as the moisture evaporates from the coal, the carbon monoxide and methane release becomes greater than those from the non-treated samples.*

#### Keywords

*Spontaneous combustion, coal, prevention of spontaneous combustion, moistening, Incubation period of spontaneous combustion, oxygen sorption rate constant, gas release.*

#### For citation

Portola V.A., Khramtsov V.I., Kirenberg E.A. Assessment of the application efficiency of a wetting method to prevent spontaneous coal combustion. *Ugol'*. 2025;(4):89-94. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-89-94.

## ВВЕДЕНИЕ

Способность угля к окислению кислородом воздуха в процессе добычи и хранения приводит к опасности возникновения очагов самовозгорания. Зачастую эндогенные пожары появляются и в углесодержащих породах отвалов. Склонность к самовозгоранию таких пород зависит не только от концентрации угля, но и от содержания серы. Повышение температуры угля и углесодержащих пород за счет окисления приводит к выделению токсичных и горючих газов [1]. Поэтому возникновение очагов самовозгорания угля на угледобывающих предприятиях приводит не только к опасности отравления людей, но и к формированию взрывоопасной газовой смеси. Для сотрудников предприятий наибольшую опасность представляют оксид углерода, образующийся в процессе окисления угля, а также соединения серы с кислородом и водородом.

Пожары, вызванные самовозгоранием угля и углесодержащих пород, могут повредить дорогостоящее горнодобывающее оборудование и горные выработки, привести к утрате значительных запасов угля, что снижает эффективность использования ресурсной базы и может потребовать дополнительных затрат на разведку и разработку новых месторождений. Эндогенные пожары в угольных шахтах, на разрезах, породных отвалах и складах угля могут иметь серьезные экологические последствия [2]. Так, горящий уголь выделяет большое количество углекислого газа и других вредных веществ в атмосферу, что способствует загрязнению воздуха и изменению климата. Выделяемый при нагревании угля метан является мощным парниковым газом, превышающим в 25 раз воздействие углекислого газа на глобальное потепление.

Снизить риск возникновения эндогенных пожаров на горных предприятиях позволяют профилактические мероприятия, уменьшающие генерацию тепла при окислительных реакциях или увеличивающие потери этого тепла из скоплений угля. Сложность предупреждения эндогенных пожаров обусловлена зависимостью процесса

самовозгорания от множества факторов [3, 4]. Для профилактики самовозгорания используют подачу инертных газов в скопления угля и окружающую его атмосферу [5, 6]. Однако инертные газы не эффективны для предупреждения процесса самовозгорания на разрезах из-за потерь в атмосферу.

Средством профилактики самовозгорания является обработка угля антипирогеном, снижающим поглощение кислорода [7, 8]. Сложность этого метода заключается в том, что действие антипирогенов может меняться в зависимости от свойств угля [7]. На открытых горных работах и отвалах эффективность действия антипирогенов может снижаться под действием окружающей среды. Существует метод применения пены для предотвращения самовозгорания угольных пластов [9, 10]. Недостатком пены является ее быстрый распад. Этот недостаток устраняют, вспенивая цемент [11], однако в этом случае существенно возрастает стоимость работ. Проводятся исследования способа профилактики самовозгорания подачей геля [12, 13], но затруднения возникают из-за сложности технологии получения геля и изменения его свойств с течением времени. В шахтах используют подачу золы в выработанное пространство [14], что снижает поступление воздуха к углю. На породных отвалах самовозгорание часто предотвращают подачей воды [15, 16].

Опыт борьбы с эндогенными пожарами в шахтах и на угольных разрезах показывает, что одним из распространенных способов профилактики самовозгорания является увлажнение скоплений угля и углесодержащих пород. Угольные скопления также подвергаются воздействию воды при атмосферных осадках на земной поверхности, притоках воды в подземных условиях. Однако в настоящее время существуют противоречивые оценки действия увлажнения на процесс самовозгорания угля. Так, в некоторых исследованиях вода активизирует самовозгорание угля [17], в других работах замедляет этот процесс [4]. Для эффективного применения воды необходимо учесть комплексное ее влияние на уголь, в том числе на сорбционную способность по отношению к кислороду, а также на выделение опасных газов из угля.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Подача воды в скопление угля оказывает влияние на генерацию тепла за счет изменения скорости сорбции кислорода, а также его потери при испарении жидкости. Причем с течением времени такое воздействие может меняться количественно и качественно. Исследование влияния воды на уголь проводилось на установке, включающей сорбционные сосуды с пробами угля фракции 1-3 мм. Уголь марки ДГ имел влажность 5,2%. После выдержки проб угля в сорбционном сосуде в течение 24 ч определяли убыль концентрации кислорода в воздухе сорбционных сосудов, происходящую за счет поглощения углем. Константу скорости сорбции кислорода углем определяли после лабораторных исследований по формуле:

$$K_T = -\frac{V}{M\tau} \ln \frac{C_A(100 - C_1)}{C_1(100 - C_A)}, \quad (1)$$

где  $M$  – масса пробы угля в сосуде, г;  $V$  – объем воздуха в сорбционном сосуде, контактирующий с углем, мл;

$\tau$  – длительность контакта воздуха с углем, ч;  $C_1$  – начальная концентрация кислорода в воздухе сорбционного сосуда, %;  $C_A$  – концентрация кислорода в сосуде через время  $\tau$ , %.

Для оценки влияния увлажнения на сорбционную активность угля брали:

- необработанные пробы с исходной влажностью 5,18%;
- пробы с добавлением дистиллированной воды до влажности 13,79%;
- пробы с добавлением дистиллированной воды до влажности 24,12%.

После каждого измерения кислорода сорбционные сосуды продували воздухом и открывали для доступа атмосферного воздуха на несколько суток. Затем опять герметично закрывали на сутки для определения количества сорбированного углем кислорода. Для измерения влажности образцы исследуемого угля помещали в сушильный шкаф с температурой 105-110°C. Общее время наблюдения за пробами угля составило 49 сут. Одновременно с замером концентрации кислорода в сорбционных сосудах определяли содержание таких выделившихся газов, как метан, оксид углерода и углекислый газ. Изменение константы скорости сорбции кислорода пробами угля с различной влажностью во времени показано на рис. 1.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что после увлажнения константа скорости сорбции кислорода углем существенно снижается по сравнению с необработанными пробами. С увеличением влажности этот антипирогенный эффект возрастает. Так, через сутки выдержки константа скорости сорбции кислорода необработанного угля (влажность – 5,18%) составила 0,1467 мл/(г·ч), увлажненного до 13,79% – снизилась до 0,1085 мл/(г·ч), а у проб с влажностью 24,12% – упала до 0,0800 мл/(г·ч). С течением времени сорбционная активность всех проб угля начала снижаться, но с различной скоростью. Уже через 15 сут. наблюдения константа скорости сорбции кислорода у необработанной пробы угля стала меньше, чем у увлажненных проб. К этому времени значительная доля воды, внесенная в уголь, испарилась, открыв доступ кислорода к ранее не окисленным поверхностям скопления. Однако сорбционная активность более увлажненного угля оставалась ниже, чем у менее увлажненного. Ситуация изменилась на 28-е сут., когда самым активным оказался уголь с наибольшим начальным увлажнением.

Длительность инкубационного периода самовозгорания проб угля рассчитывали по формуле, приведенной в [18, 19]:

$$\tau_{\text{инк}} = \frac{C(T_k - T_0) + 0,6(j + g)W_0 + q_d X}{24\alpha K_T^{0,45} C_0 q_0}, \quad (2)$$

где  $C$  – удельная теплоемкость скопления угля, кал/(г·К);  $T_0$  – начальная температура угольного скопления °С;  $T_k$  – критическая температура самовозгорания угля, °С;  $W_0$  – начальная влажность угольного скопления, доли ед.;  $j$  – теплота испарения воды, кал/г;  $g$  – удельная теплота плавления льда, кал/г (учитывается только для угля, находящегося при отрицательных температурах);  $q_d$  – удель-

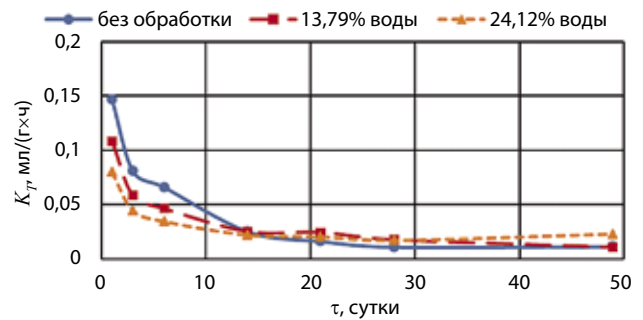


Рис. 1. Изменение константы скорости сорбции кислорода во времени пробами угля различной влажности

Fig. 1. Variation of oxygen sorption rate constant in time using coal samples with different moisture content

ная теплота десорбции метана, кал/мл;  $X$  – природная газозонность угля, мл/г;  $K_T$  – константа скорости сорбции кислорода углем, мл/(г·ч) (определяется при температуре от 0 до +10°C для угля, находящегося при отрицательных температурах, или при температуре от 15 до 25°C для угля, находящегося при положительных температурах);  $\alpha$  – коэффициент усвоения кислорода воздуха,  $C_0$  – концентрация кислорода на входе в угольное скопление, доли ед.;  $q_0$  – удельная теплота сорбции кислорода воздуха углем, кал/мл.

Расчет по формуле (2) показал, что до начала лабораторных исследований длительность инкубационного периода самовозгорания необработанного угля (влажность – 5,18%) составляла 54,4 сут., что позволяет отнести его к категории склонных к самовозгоранию [19]. Для угля с влажностью 13,79% инкубационный период увеличился до 82,5 сут., а для угля с влажностью 24,12% – возрос до 114,1 сут., что соответствует категории несклонных к самовозгоранию. За время исследования (49 сут.) влажность угля снизилась во всех пробах за счет испарения воды. Так, необработанный уголь через 49-е сут. имел влажность 1,26%, уголь, увлажненный до 13,79%, также достиг влажности 1,26%. У самой влажной пробы (24,12%) содержание воды в угле снизилось до 2,98%. Расчет показал, что по состоянию на 49 сутки эксперимента длительность инкубационного периода самовозгорания необработанного угля составила 88,4 сут., а увлажненного до 13,79% – равнялась 89,6 сут. Максимально увлажненный уголь (24,12%) через 49 сут. имел инкубационный период самовозгорания 77,6 сут., что соответствует категории склонных к самовозгоранию.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что увлажнение угля снижает его сорбционную активность в условиях эксперимента в течение 15 сут. Затем сорбционная активность увлажненного угля становится больше, чем у необработанного. Поэтому для снижения риска развития очагов самовозгорания за счет продления антипирогенного воздействия требуется повторное увлажнение угольных скоплений. Необходимо учесть, что в реальных условиях шахты или разреза внешние условия (влажность, температура и скорость движения окружающего воздуха) могут отличаться от лабораторных, поэтому и длительность антипирогенного воздействия на уголь в условиях



предприятий может быть больше или меньше полученных в эксперименте 15 сут.

Изменение концентрации оксида углерода и метана в сорбционном сосуде после контакта с пробами угля различной влажности в течение 24 ч приведено на рис. 2, 3.

Приведенные на рис. 2 результаты свидетельствуют, что после увлажнения резко снижается выделение оксида углерода из угля. Так, на шестые сутки концентрация оксида углерода в воздухе с пробами угля с влажностью 13,79% оказалась в шесть раз меньше, чем у необработанного, а у угля, увлажненного до 24,12%, – в 14,2 раза

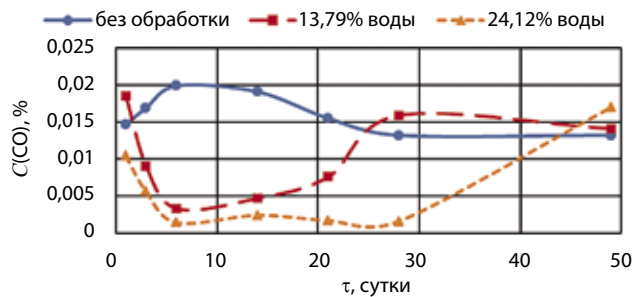


Рис. 2. Изменение концентрации оксида углерода, выделившегося из проб угля с различной влажностью

Fig. 2. Variation of carbon monoxide concentration released from coal samples with different moisture content

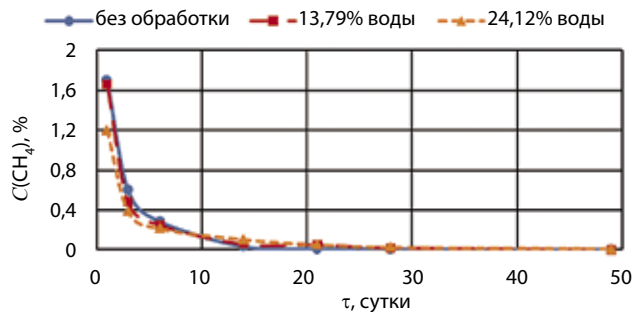


Рис. 3. Изменение концентрации метана, выделившегося из проб угля различной влажности

Fig. 3. Variation of methane concentration released from coal samples with different moisture content

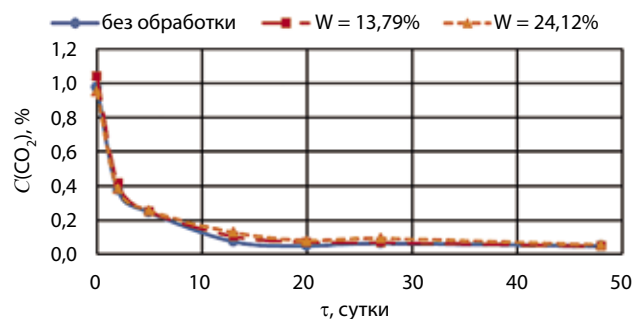


Рис. 4. Изменение концентрации углекислого газа, выделившегося из проб угля различной влажности

Fig. 4. Variation of carbon dioxide concentration released from coal samples with different moisture content

меньше. Затем у необработанного угля начинается снижение концентрации образовавшегося оксида углерода, а увлажненные пробы увеличивают выделение этого токсичного и горючего газа. Через некоторое время, зависящее от количества добавленной воды, обработанный водой уголь образует оксида углерода больше, чем необработанный. Для данной марки угля увлажненная до 13,79% проба превысила интенсивность выделения оксида углерода по сравнению с необработанным углем через 24 сут., а проба с влажностью 24,12% – только через 43 сут. Полученные особенности газовой выделенности оксида углерода из угля можно использовать при добыче угля в шахтах для снижения содержания этого опасного газа в воздухе рабочей зоны. Для добываемого угля можно экспериментально подобрать норму увлажнения, необходимую для снижения концентрации оксида углерода до санитарных норм в течение заданного времени.

Из анализа результатов влияния увлажнения угля на выделение метана (см. рис. 3) установлено, что после дробления угля выделение метана из всех проб быстро снижается с течением времени. Причем вначале концентрация метана меньше в увлажненных пробах. Например, на третьи сутки содержание метана в воздухе с необработанным углем составило 0,602%, с увлажненным до 13,79% – равнялось 0,480%, а в пробах с влажностью 24,12% только 0,384%. Однако через 8 сут. из ранее увлажненных проб угля метана стало выделяться больше, чем из необработанного угля. На 29-е сут. наблюдений концентрация метана в пробах неувлажненного угля равнялась 0,0052%, с влагой 13,79% – составила 0,0190%, а в угле с влажностью 24,12% – достигала 0,0219%.

На основании полученных данных можно сделать вывод о возможности краткосрочного снижения выделения метана из угля (около 8 сут.) за счет увлажнения. Так, за первые сутки уголь, увлажненный до 24,12%, выделяет в 1,41 меньше метана, чем необработанный. На третьи сутки этот уголь выделяет метана в 1,56 раза меньше. Такое снижение образования метана можно использовать в шахте в комплексе с профилактикой самовозгорания и снижением содержания оксида углерода в рудничной атмосфере. Для продления этого эффекта необходимы повторные обработки угля водой. Эффект воздействия увлажнения на выделение метана значительно меньше, чем на образование оксида углерода.

Выделение углекислого газа из угля практически не зависит от степени увлажнения проб (рис. 4). Максимальная концентрация углекислого газа была получена за первые сутки наблюдений (около 1,0% для всех проб). Затем выделение углекислого газа быстро снижалось в течение 15 сут.

Одним из условий развития процесса самовозгорания угля и углесодержащих пород является поступление воздуха в скопления для окисления горючих компонентов. На начальной стадии самовозгорания для повышения температуры угля достаточно молекулярной диффузии кислорода вглубь скопления, затем подача воздуха происходит под действием развиваемой очагом тепловой депрессии, а также ветрового напора на земной поверхности или перепада давления воздуха в шахте. Поэтому для профилактики самовозгорания может использоваться

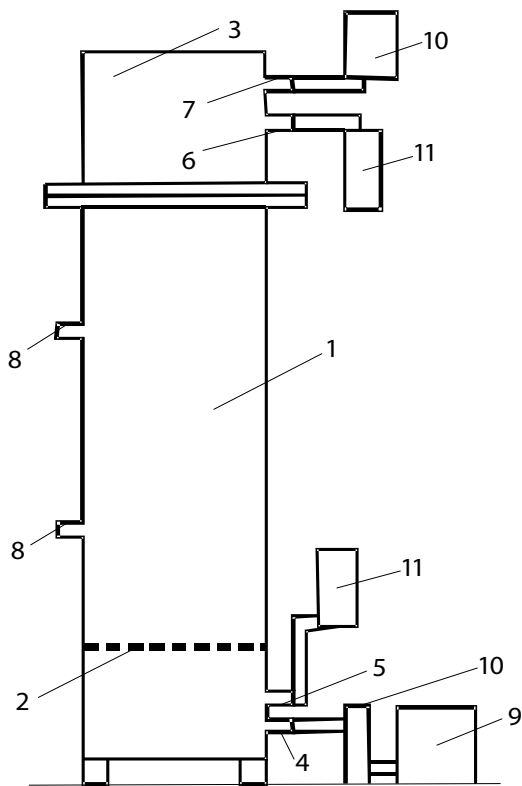


Рис. 5. Установка для исследования коэффициента проницаемости угля: 1 – камера; 2 – сетка; 3 – крышка камеры; 4 – штуцер для подачи воздуха; 5 – штуцер для подключения манометра; 6 – штуцер для подключения манометра; 7 – штуцер для подключения ротаметра; 8 – штуцера для термометров; 9 – компрессор для подачи воздуха; 10 – ротаметр; 11 – манометр

Fig. 5. A setup to study permeability coefficient of coal: 1 – a chamber; 2 – a grid; 3 – a chamber cover; 4 – a connection for air supply; 5 – a connection for a manometer; 6 – a connection for a manometer; 7 – a connection for a flow meter; 8 – a connection for temperature gauges; 9 – a compressor for air supply; 10 – a flow meter; 11 – a manometer

снижение проницаемости самого скопления угля. Подача воды в скопление угля приводит к появлению жидкости в порах и трещинах, что должно снизить проницаемость скоплений для воздуха.

Для исследования изоляционного действия увлажнения использовалась установка, приведенная на рис. 5. Уголь, раздробленный до фракции 0-10 мм, помещали в камеру 1 на сетку 2. Камера имела квадратное сечение размером 0,19 x 0,19 м. Высота слоя угля равнялась 0,9 м. Воздух подавался в камеру компрессором. Количество проходящего через уголь воздуха измеряли ротаметром, а перепад давления воздуха определяли цифровым манометром. Коэффициент проницаемости исследуемого скопления угля рассчитывали по формуле:

$$K = \frac{v\mu L}{H}, \quad (3)$$

где:  $K$  – коэффициент проницаемости скопления угля,  $\text{м}^2$ ;  $v$  – скорость фильтрации воздуха через скопление угля,

$\text{м/с}$ ;  $H$  – перепад давления газа в скоплении угля, Па;  $\mu$  – коэффициент вязкости воздуха,  $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$ ;  $L$  – длина пути фильтрации воздуха через скопление угля, м.

Проведенные замеры показали, что коэффициент проницаемости исследуемой насыпки угля равнялся  $3,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$ . Затем на уголь было подано 0,4 л воды, что соответствовало расходу  $10 \text{ л}/\text{м}^2$ , и еще 0,8 л. Замеры показали, что коэффициент проницаемости угля после подачи воды снизился до  $2,8 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$ . Таким образом, коэффициент проницаемости раздробленного угля уменьшился после увлажнения в 1,25 раза. Соответственно в 1,25 раза сократилось количество поступающего к углю кислорода и выделяемого тепла.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что увлажнение угля воздействует на константу скорости сорбции кислорода углем, длительность инкубационного периода самовозгорания, коэффициент проницаемости скопления, а также выделение из угля метана и оксида углерода.

Увлажненный уголь поглощает меньше кислорода, чем неувлажненный, что замедляет процесс самовозгорания. Однако через 15 сут. у увлажненных проб угля сорбционная активность по отношению к кислороду становится больше, чем у необработанных. Поэтому для профилактики самовозгорания необходимо периодическое увлажнение скоплений угля. Обработка водой снижает также коэффициент проницаемости угольного скопления в 1,25 раза, что уменьшает поступление кислорода и генерацию тепла.

После увлажнения угля резко падает образование оксида углерода, однако по мере испарения воды выделение этого газа начинает увеличиваться. В эксперименте через 24-43 сут. увлажненные пробы стали выделять больше оксида углерода, чем необработанные. Орошение водой также снижает поступление метана из угля в окружающий воздух. Этот эффект длился 8 сут., затем из увлажненного угля стало выделяться больше метана. Обработка угля водой практически не повлияла на вынос углекислого газа, концентрация которого снижалась после дробления с одинаковой закономерностью для всех проб.

Увлажнение скоплений угля может использоваться для повышения безопасности угольных предприятий за счет снижения опасности самовозгорания угля, уменьшения выделения оксида углерода и метана. Для поддержания необходимого эффекта необходима повторная обработка угля водой, периодичность которой зависит от температуры, влажности и скорости движения окружающего воздуха.

### Список литературы • References

1. Скоринский А.А., Огиевский В.М. Рудничные пожары. М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011. 375 с.
2. Zeng Q., Dong J., Zhao L. Investigation of the potential risk of coal fire to local environment: A case study of Daquanhu coal fire, Xinjiang region, China. *Sci Total Environ.* 2018;(640):1478-1488.
3. Onifade M., Genc B. Spontaneous combustion of coals and coal-shales. *International Journal of Mining Science and Technology.* 2018;(28):993-940.

4. Portola V.A. Assessment of the effect of some factors on spontaneous coal combustion. *Journal of Mining Science*. 1996;32(3):212-218.
5. Dawid Szurgacz, Leszek Sobik, Jarosław Brodny. Inter gases as one of the ways to reduce the risk of endogenous fires in hard coal mines. *E3S Web of Conferences*. 2019:184-190.
6. Портола В.А., Бобровникова А.А., Син С.А., Игишев В.Г. Особенности выделения индикаторных пожарных газов при подаче азота в очаг самовозгорания угля // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 4. С. 47-52.  
Portola V.A., Bobrovnikova A.A., Sin S.A., Igishev V.G. Special features of the release of indicator fire gases at the nitrogen supply to the foci of coal spontaneous combustion. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2022;(4):47-52. (In Russ.).
7. Исследование воздействия антипирогенов на процесс самовозгорания бурого угля / В.А. Портола, О.И. Черских, С.И. Протасов и др. // Уголь. 2022. № 12. С. 54-60. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-54-60.  
Portola V.A., Cherskikh O.I., Protasov S.I., Seregin E.A., Shvakov I.A. Research into effects of antipyrrogens on the spontaneous combustion of brown coal. *Ugol'*. 2022;(12):54-60. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-54-60.
8. Moshood O., Bekir G., Abisola R., Andrew M., Thapelo N. Influence of antioxidants on spontaneous combustion and coal properties. *Process Safety Environ Protect*. 2021;148:1019–1032.
9. Lin Q., Wang S., Song S., Liang Y., Ren T. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: velocity range with possibility of self-ignition. *Fuel Processing Technology*. 2017;(159):38-47.
10. Мамаев В.В., Момот Д.И. Новый способ получения газомеханической пены на сетках / Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах. Материалы конференции. 2017. С. 140.1-140.9.
11. Xi X., Sun L., Shi Q., Tian F., Guo B. Effects of mineral admixture on properties of cement-based foam material developed for preventing coal spontaneous combustion. *Fuel*. 2023;(342):127785.
12. Ren X., Xue D., Li Y., Hu X., Shao Z., Cheng W., Dong H., Zhao Y., Xin L., Lu W. Novel sodium silicate polymer composite gels for the prevention of spontaneous combustion of coal. *Journal of Hazardous Materials*. 2019;(371):643-654.
13. Jiang Z., Dou G. Preparation and characterization of chitosan grafting hydrogel for mine-fire fighting. *ACS Omega* 2020;5(5):2303-2309.
14. Dawid Szurgacz, Magdalena Tutak, Jarosław Brodny, Leszek Sobik, Olga Zhironkina. The Method of Combating Coal Spontaneous Combustion Hazard in Goafs – A Case Study. *Energies*. 2020;13(4538):4538.
15. Акбаров Т.Г., Исраилов М.А., Махмудов Д.Р. Изучение и предупреждение самовозгораемости углей Ангрэнского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 1. С. 170-177.  
Akbarov T.G., Israilov M.A., Makhmudov D.R. Analysis and prevention of spontaneous combustion of Angren coal. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2021;(1):170-177. (In Russ.).
16. Вогман Л.П., Ильичев А.В., Кондратюк Н.В. Обеспечение пожаровзрывобезопасности при рекультивации отработанных угольных месторождений // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2020. № 1(3). С. 12-25.  
Vogman L.P., Ilyichev A.V., Kondratyuk N.V. Fire and explosion safety at reclamation of spent coal deposits. *Aktual'nye voprosy pozharnoj bezopasnosti*. 2020;(3):12-25. (In Russ.).
17. Sharma A., Banerjee D.D. A conceptual approach to prevention of fire in coal benches. *Mining. Sci. And Technol*. 1989;(2):133-143.
18. Портола В.А., Бобровникова А.А., Протасов С.И. Влияние температуры окружающей среды на инкубационный период и склонность угля к самовозгоранию // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 1. С. 27–32.  
Portola V.A., Bobrovnikova A.A., Protasov S.I. Impact of ambient temperature on the incubation period and the tendency of coal to spontaneous combustion. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2022;(1):27-32. (In Russ.).
19. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при переработке, обогащении и брикетировании углей» (утверждены приказом Ростехнадзора № 428 28.10.2020), в редакции приказа Ростехнадзора № 485 от 27.12.2023.

#### Authors Information

**Portola V.A.** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department of Aerology, Labor and Naure Protection, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, Deputy Head of the Department, LLC Scientific and Production Association "ALZAMIR", Kemerovo, 650036, Russian Federation, e-mail: portola2@yandex.ru

**Khramtsov V.I.** – PhD (Engineering), Head of the Department, LLC Scientific and Production Association "ALZAMIR", Kemerovo, 650036, Russian Federation, e-mail: khramtsov49@yandex.ru

**Kirenberg E.A.** – Master's student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, Engineer, LLC Scientific and Production Association "ALZAMIR", Kemerovo, 650036, Russian Federation, e-mail: Omega440@yandex.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 18.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received February 18, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025



УДК 622.817.4 © Р.К. Камаров✉, А.Г. Шукаев, 2025

НАО «Карагандинский технический университет  
имени Абылкаса Сагинова»,  
100027, г. Караганда, Республика Казахстан  
✉ e-mail: kamarov\_49@mail.ru

UDC 622.817.4 © R.K. Kamarov✉, A.G. Shukaev, 2025

Karaganda Technical University named after Abylkas Saqinov,  
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan  
✉ e-mail: kamarov\_49@mail.ru

# Физико-химические воздействия на серосодержащие газы при отработке сероводородных зон угольных пластов

## Physical and chemical treatment of sulfur-containing gases in mining of sulfur-containing zones of coal seams

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-95-101>

В статье приведены результаты исследований по определению газоносности пласта  $d_6$  по серосодержащим газам, по выявлению особенностей выделения этих газов из угольного пласта и по разработке эффективных способов борьбы с сероводородом и сернистым газом. Доказаны и обоснованы промышленными испытаниями и внедрениями в шахтных условиях технологии подавления серосодержащих газов с применением газопоглощающих глицириновых; газопоглощающих и нейтрализующих гидроксидно-глицириновых; подмыльных щелоков; порошкообразно ракушечно-кальцинированного содового составов. Эффективность методов активного физического и физико-химического влияния на угольный массив основана на интенсивном поглощении и нейтрализации серосодержащих газов растворами в процессе отработки угольных пластов. Установлены параметры разработанных технологий, области их применения. Разработанные экологически чистые технологии подавления серосодержащих газов при подземных горных работах достаточно просты, удобны для практического применения, экономически эффективны, обеспечивают чистоту шахтной атмосферы и окружающей среды. Полученные результаты представляют интерес и для специалистов, проводящих исследования в области физико-химической геотехнологии, химии и экологии.

**Ключевые слова:** угольный пласт, очистной забой, подготовительный забой, шахтный воздух, серосодержащие газы, сероводород, сернистый газ, концентрация газов допустимая, водный раствор.

**Для цитирования:** Камаров Р.К., Шукаев А.Г. Физико-химические воздействия на серосодержащие газы при отработке сероводородных зон угольных пластов // Уголь. 2025;(4):95-101. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-95-101.

### КАМАРОВ Р.К.

Канд. техн. наук, академик  
Национальной академии горных наук,  
профессор кафедры «Разработка  
месторождений полезных ископаемых»,  
директор ИПК НАО «Карагандинский  
технический университет  
им. Абылкаса Сагинова»,  
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,  
e-mail: kamarov\_49@mail.ru

### ШУКАЕВ А.Г.

Магистрант кафедры «Разработка  
месторождений полезных ископаемых»  
НАО «Карагандинский технический  
университет им. Абылкаса Сагинова»,  
100027, г. Караганда, Республика Казахстан

**Abstract**

The article presents the results of studies to determine the gas content in the  $d_6$  coal seam with respect to the sulfur-containing gases, to identify the specific features of these gases emission from the coal seam and to develop efficient ways of controlling hydrogen sulfide and sulfur dioxide. Technologies of suppressing sulfur-containing gases with application of gas-absorbing glycerine, gas-absorbing and neutralizing hydroxide-glycerine; spent-soap lyes; powdered shell-calcined soda compositions are proved and justified by industrial tests and their implementation in mine conditions. The efficiency of the active physical and physiochemical methods to treat the coal mass is based on the intensive absorption and neutralization of the sulfur-containing gases by the solutions during the coal seams mining. Parameters of the developed technologies and the areas of their application are identified. The developed environmentally friendly technologies to control the sulfur-containing gases during underground mining operations are simple enough, convenient for practical application, cost-effective, and ensure clean mine air and environment. The results obtained will be of interest to specialists carrying out research in the fields of physical and chemical geotechnology, chemistry and ecology.

**Keywords**

Coal seam, mining face, development face, mine air, sulfur-containing gases, hydrogen sulfide, sulfur dioxide, permissible concentration of gases, aqueous solution.

**For citation**

Kamarov R.K., Shukaev A.G. Physical and chemical treatment of sulfur-containing gases in mining of sulfur-containing zones of coal seams. *Ugol'*. 2025;(4):95-101. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-95-101.

**АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСА**

В шахтах Карагандинского бассейна при отработке угольных пластов помимо метана наблюдаются случаи интенсивного выделения сероводорода и сернистого газа. При отработке выемочного участка содержание метана составляет от 25 до 38 м<sup>3</sup>/т. В этом случае во всех выемочных участках применяется дегазация. Перед дегазационными работами осуществляется извлечение метана из неразгруженного угольного пласта [1].

На угольных пластах в первую очередь отрабатывается метановая зона [2], а во вторую очередь – сероводородная зона. Отметку сероводородной зоны на выемочном участке осуществляют работники участка вентиляции и техники безопасности (ВТБ).

При обнаружении серосодержащих газов в рудничной атмосфере очистных и подготовительных выработок устанавливается ежесуточный контроль силами участка ВТБ, дополнительно производится проверка воздуха на рабочих местах машинистов горно-выемочных машин. С результатами замеров необходимо ознакомить начальников горно-подготовительных и добычных участков под роспись.

Шахтная геологическая служба при подходе к зонам распространения сероводорода, отмеченным в геолого-

разведочных отчетах (заключениях), или при внезапном обнаружении запаха сероводорода в забоях горных выработок производит совместный с представителем участка ВТБ отбор проб на определение содержания сероводорода и устанавливает уточненную границу распространения последнего.

Граница сероводородной зоны наносится на основные планы горных работ шахты пунктирной линией красного цвета (длина штриха – 8,0 мм, толщина линии – 0,4 мм) с закрашиванием площади зоны в бледно-зеленый цвет и указанием символа H<sub>2</sub>S [3, 4].

Сероводород и сернистый газ по своему воздействию на человека являются высокотоксичными. Предельно допустимая концентрация (ПДК) сероводорода в шахтной атмосфере – 0,00066% по объему, или 10 мг/м<sup>3</sup> H<sub>2</sub>S, а сернистого газа – 0,00035% по объему, или 10 мг/м<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>.

Несмотря на то, что в угольных шахтах проявления серосодержащих газов редки, все же в случае их выделения в шахтную атмосферу возникает необходимость применения способов борьбы с этими газами.

В то же время имеющиеся в технической литературе сведения о рассматриваемых газах и, особенно, о мерах борьбы с ними в угольных шахтах недостаточны, что не позволяет выбрать и осуществить на практике эффективные мероприятия в случае выделения сероводорода и сернистого газа.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В связи с актуальностью вопроса Карагандинским государственным техническим университетом были проведены исследования по выявлению особенностей выделения этих газов из угольного пласта и по разработке эффективных способов борьбы с сероводородом и сернистым газом.

Газовыми съемками были установлены следующие особенности: серосодержащие газы выделяются только при работе очистных и проходческих комбайнов во время отрыва угля от массива. При этом наблюдается быстрое нарастание концентрации сероводорода до максимальных значений через 6-7 мин после включения комбайнов в работу; после остановки комбайна по истечении 5-7 мин выделение H<sub>2</sub>S и SO<sub>2</sub> практически прекращается, а в шахтном воздухе обнаруживаются лишь следы сероводорода; после пуска в работу комбайна вначале происходит выделение сероводорода (H<sub>2</sub>S), и при достижении его концентрации в воздухе 0,0066% по объему (10-кратное превышение ПДК) начинает выделяться сернистый газ (SO<sub>2</sub>).

С учетом установленных особенностей выделения серосодержащих газов на шахтах проводились мероприятия, направленные на снижение концентрации этих газов в местах нахождения работающего персонала, а также было сокращено время пребывания горнорабочих в атмосфере с превышением содержания ядовитых газов.

Газовыми съемками установлено, что выделение серосодержащих газов в очистном и подготовительном забоях связано с выемкой угля, доставкой и транспортировкой его по участковым выработкам, зачисткой почвы от недогруженной массы угля. Проявления серосодержащих

газов имеют локальный характер с ограниченными размерами по падению и простиранию угольных пластов.

Поэтому в очистных и подготовительных забоях был усилен контроль за состоянием шахтной атмосферы вентиляционным надзором, в обязанности которого входила остановка работ по выемке угля (выключение комбайна) в случае превышения допустимых норм.

Из организационных мероприятий, проведенных шахтами по рекомендациям Карагандинского государственного технического университета и органов санитарного надзора, можно указать следующее:

- сокращение продолжительности рабочей смены с 6 до 4–5 ч;
- ограничение времени пребывания рабочих на исходящей струе из лавы до 2 ч;
- применение защитных очков и противопыльных респираторов;
- попеременная работа двух комбайнеров в лавах в обычные смены, снижение нагрузки на лаву на 50 %.

С учетом недостаточной эффективности существующих методов борьбы с серосодержащими газами в угольных шахтах необходимо изыскивать новые способы.

Одним из возможных решений в этом направлении является нейтрализация серосодержащих газов химическими реагентами с разработкой способов нейтрализации применительно к условиям их выделения в угольные шахты. Известно, что в химической, нефтехимической и газовой промышленности накоплен богатый опыт очистки и удаления из газовых потоков газообразных примесей, в том числе и серосодержащих газов.

Для очистки газов обычно применяют три технологических процесса: адсорбция жидкостью; адсорбция твердым веществом; химическое превращение в другие соединения.

Таким образом, проведенный анализ состояния вопроса показывает актуальность разработки способов борьбы с серосодержащими газами, выделяющимися в угольные шахты.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОНОСНОСТИ ПЛАСТА $d_6$ ПО СЕРОСОДЕРЖАЩИМ ГАЗАМ

Для разработки мероприятий по борьбе с серосодержащими газами необходимо установить количественное содержание сероводорода и сернистого газа в угольных пластах на единицу веса, т.е. определить газоносность пла-

ста по серосодержащим газам. Исследования по установлению удельного содержания сероводорода и сернистого газа в пластах при отработке сероводородных зон шахт Карагандинского бассейна проводились в лабораторных условиях с помощью анализа угольных проб пласта  $d_6$ .

В лабораторных условиях исследование газоносности пласта  $d_6$  по серосодержащим газам проводилось с помощью прибора ГХ-4 по методике МакНИИ и ВостНИИ следующим образом [5, 6]:

- пробы угля, набранные в сероводородных зонах со свежееобнаженной поверхности груди забоя лав №№ 264- $d_6$ -1В, 274- $d_6$ -1В, 134- $d_6$ -2В, 254- $d_6$ -2В, 284- $d_6$ -1В шахты «Казахстанская» и № 316- $d_6$ -С шахты «Молодежная» на глубине 0,4–0,5 м в стеклянные сосуды емкостью 0,5 л, герметично закрывались резиновыми пробками с отводными трубками и доставлялись в лабораторию для анализа. Извлечение газа проводилось по методам, обычно применяемым при определении газоносности углей по метану.

Следует учесть, что серосодержащие газы при температуре 18–22°C и наличии высокого вакуума из угля практически не выделяются. Для инициирования выделения газа пробы угля в стеклянных сосудах помещались в водяную баню, в которой поддерживалась температура подогрева до 90–99°C.

Первые порции проб, отобранные после первого достижения температуры кипения, характеризуются максимальными значениями концентрации сероводорода и сернистого газа. Откачка газов из всех проб продолжалась до полного прекращения их выделения в газосборный сосуд. Длительность откачки зависела от газоносности пробы. При высокой газоносности извлечение газов продолжалось несколько суток.

В лабораторных условиях было установлено, что из проб угля пласта  $d_6$  сероводород полностью откачивался через 3,1–4,7 сут.

В таблице приведены фактические данные анализа угольных проб, взятых из пласта  $d_6$  шахт «Казахстанская», им. В.И. Ленина, «Шахтинская», «Тентекская», «Молодежная» и «Шаханская».

Как следует из таблицы, газоносность характеризуется большой степенью разбросанности этих результатов. Причем большей газоносностью отличаются угольные пробы шахты «Казахстанская» (лава № 274- $d_6$ -1В). Менее газоносным является пласт  $d_6$ , разрабатываемый на шахте

**Анализ угольных проб пласта  $d_6$  по сероводороду**  
Analysis of coal samples from  $d_6$  seam for hydrogen sulphide

Шахта	Количество проб	Газоносность, м <sup>3</sup> /т		Газообильность, м <sup>3</sup> /т	
		Максимальная	Средняя	Максимальная	Средняя
«Казахстанская»	27	0,388	0,191	0,021	0,0038
им. Ленина	16	0,236	0,089	0,006	0,0018
«Шахтинская»	21	0,054	0,019	–	–
«Тентекская»	17	0,072	0,038	0,002	0,0014
«Молодежная»	8	0,174	0,063	0,001	0,0004
«Шаханская»	9	0,076	0,024	0,002	0,0012

Примечание. Образцы угля взяты из очистных забоев.



«Шахтинская». Во всех случаях на газоносность не влияют ни угол залегания по падению, ни мощность пласта, ни глубина разработки.

Как видно из приведенных данных, газоносность углей по серосодержащим газам в несколько десятков раз меньше значений газоносности по метану. Но если учесть, что допустимые Правилами безопасности нормы ядовитых газов значительно меньше допустимых норм по метану (в 1500 раз по сероводороду и в 3000 раз по сернистому газу), то полученные значения газоносности по сероводороду и сернистому газу являются очень высокими.

При указанной газоносности концентрация серосодержащих газов в горных выработках во время работы очистных и проходческих комбайнов может превышать регламентированные нормы в десятки раз.

В процессе изучения газоносности были выявлены особенности выделения серосодержащих газов из угля: при вакуумировании угольных проб без подогрева выделяется менее 1% общего объема извлеченных газов из пробы; выделение газов без подогрева с вакуумированием наблюдается только в пробах с высокой газоносностью; при высоком содержании  $H_2S$  в пробах газовой смеси (больше 10-кратного превышения ПДК) совместно с сероводородом начинает выделяться сернистый газ, и чем больше концентрация сероводорода, тем больше концентрация сернистого газа.

### ФОРМУЛИРОВАНИЕ ЦЕЛИ РАБОТЫ

С целью создания безопасных условий труда на шахтах Карагандинского бассейна опробованы известные способы:

- разбавление газов до предельно-допустимой концентрации (ПДК) средствами вентиляции;
- нейтрализация серосодержащих газов в местах отбойки угля распылением растворов кальцинированной соды со смачивателем ДБ;
- нейтрализация серосодержащих газов в местах отбойки угля распылением растворов гидрата окиси кальция (гашеной извести);
- покрытие отбитого и транспортируемого угля пеной с добавкой технической соды;
- создание водяных завес в местах транспортируемого угля и т.д.

Использование этих способов не дало положительных результатов ввиду больших объемов выделяющихся газов. В связи с этим необходимо было изыскать и разработать новые, более эффективные способы борьбы с серосодержащими газами для обеспечения высокопроизводительной работы современных механизированных комплексов.

При разработке эффективных способов борьбы с серосодержащими газами большое значение придавалось тому, чтобы они были нетоксичными, дешевыми, удобными в обращении, недефицитными, активно реагировали с сероводородом и сернистым газом.

По результатам проведенных исследований Карагандинским государственным техническим университетом разработаны следующие способы борьбы с серосодержащими газами в очистных и подготовительных выработках:

– способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий распыление в зоне выделения газов водного раствора глицерина ( $C_3H_8O_3$ ) в концентрации 5-10%, адсорбирующего серосодержащие газы и улучшающего санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих [7];

– состав для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий глицерин (0,5-3,0%), гидроксид щелочного металла (0,1-0,2%) и воду, повышающий эффективность очистки шахтной атмосферы за счет адсорбции и нейтрализации ядовитых газов [8];

– способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий распыление в зоне выделения газов водного раствора жирной кислоты (0,5-1,0%), едкого натрия (0,1-0,3%), углекислого натрия (0,1-1,0%), хлористого натрия (11-12%), улучшающего гигиенические условия труда горнорабочих за счет физико-химического воздействия на ядовитые газы, нейтрализации и адсорбции [9];

– способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий порошкообразный ракушечник (0,5-1,0%), кальцинированную соду  $Na_2CO_3$  (0,1-0,2%) и воду, улучшающий санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих за счет физического воздействия на ядовитые газы – адсорбция порошкообразным ракушечником, а также химического – связывание их с кальцинированной содой до образования средних солей [10].

Технология приготовления раствора глицерина заключается в следующем: определенное количество глицерина тщательно разводят водой в водяном баке, установленном у насоса, подающего воду к форсункам комбайна, т.е. используют имеющуюся в лаве типовую оросительную систему. Количество раствора берут из расчета 88 мл глицерина на 1 л воды. При таком соотношении глицерина и воды получают 10%-ный раствор глицерина. Для приготовления 5%-ного раствора берут 42 мл глицерина на 1 л воды.

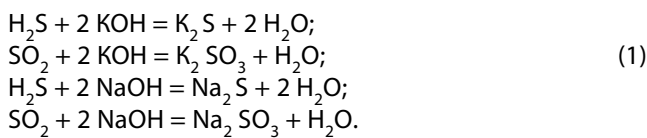
При распылении раствора в атмосфере выработки и, особенно, в зоне работы режущих органов комбайна происходит наряду с подавлением угольной пыли контактирование серосодержащих газов с раствором глицерина, результатом которого является полная адсорбция серосодержащих газов. Расход раствора зависит от объема газов, выделяющихся в атмосферу горной выработки.

Применение водного раствора глицерина на шахте «Казахстанская» ПО «Карагандауголь» при отработке восточной лавы № 134-д<sub>г</sub>-2В с протяженностью сероводородной зоны 440-550 м позволило снизить содержание сероводорода на рабочих местах в 7-9 раз, что способствовало улучшению санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих, увеличению нагрузки на лаву в 2,5 раза [8].

Состав для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий водный раствор глицерина (0,5-3,0%), гидроксид щелочного металла (0,1-0,2%) и воду, внедрен на шахте «Казахстанская» при отработке лав № 254-д<sub>г</sub>-2В и № 284-д<sub>г</sub>-1В. Содержание сероводорода в забое лав превышало допустимые

Правилами безопасности нормы в 30-100 и более раз. Повышенное содержание сероводорода ядовитого газа в рудничном воздухе привело к значительному снижению производительности труда вследствие ухудшения общефизического и психологического состояния горнорабочих. Растворы глицерина с едким натрием подавались в зону резания угля, являющуюся наиболее интенсивным источником выделения ядовитых газов (сероводорода и сернистого газа). Подача раствора осуществлялась с помощью дозирующего устройства ДСУ-4 через систему орошения очистного комбайна 1ГШ-68 (рис. 1).

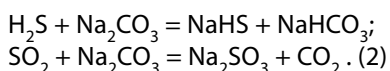
Эффективность предлагаемого состава определяется сочетанием двух процессов: физического – адсорбция глицерином серосодержащих газов, а также химического – связывание их катионами гидроксида калия или натрия до образования средних солей по реакциям:



Применение водного раствора глицерина в концентрации (0,8-1,0%), едкого натрия (0,1%) в местах интенсивного выделения ядовитых газов позволило снизить содержание сероводорода на рабочих местах в 10-14 раз, обеспечить высокую скорость подачи комбайна и интенсивную выемку угля в очистном забое, что способствовало улучшению санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих, увеличению нагрузки на лаву в 1,8-2,5 раза [8].

При аномально высоком содержании серосодержащих газов в шахтной атмосфере, т.е. при превышении  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{SO}_2$  допустимых Правилами безопасности норм в 150 и более раз, рекомендуется использование способа очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающего распыление в зоне выделения газов водного раствора порошкообразного ракушечника (0,5-1,0%), кальцинированной соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (0,1-0,2%) и воду, улучшающего санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих [10].

Эффективность предлагаемого состава определяется сочетанием двух процессов: физического – адсорбция порошкообразным ракушечником, а также химического – связывание их с кальцинированной содой до образования средних солей по реакциям:



Реагент с нижним пределом порошкообразного ракушечника (0,5%) и кальцинированной соды (0,1%) рекомендуется при концентрации серосодержащих газов в шахтной атмосфере до 100 санитарных норм. Средний предел порошкообразного ракушечника (0,75%) и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (0,15%) берется при содержании серосодержащих газов в шахтной атмосфере от 100 до 150 норм. Верхний предел порошкообразного ракушечника (1,0%) и кальцинированной соды (0,2%) берется при очистке шахтной

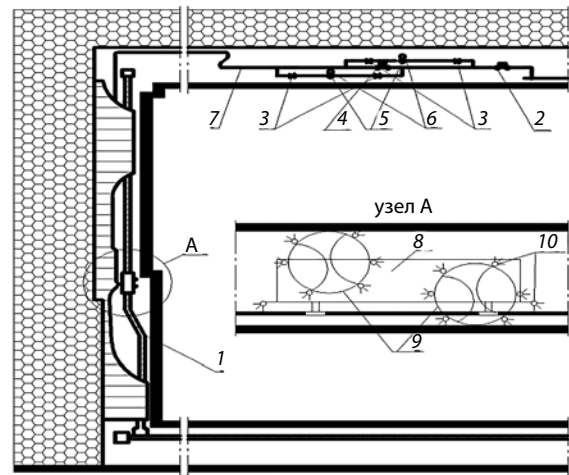


Рис. 1. Принципиальная схема установки для нейтрализации серосодержащих газов в очистном забое: 1 – забойный скребковый конвейер; 2 – водяная задвижка; 3 – регулируемый вентиль; 4 – входной вентиль; 5 – дозаторные установки ДСУ-4; 6 – манометр; 7 – высоконапорный рукав; 8 – комбайн; 9 – шнеки; 10 – факел орошения

Fig. 1. A schematic diagram of the installation for neutralization of sulfur-containing gases at the mine face: 1 – armored face conveyor; 2 – water gate valve; 3 – adjustable valve; 4 – inlet valve; 5 – DSU-4 dosing units; 6 – pressure gauge; 7 – high-pressure hose; 8 – shearer; 9 – augers; 10 – irrigation jet

атмосферы с исходной концентрацией серосодержащих газов 150 норм и более.

Технология приготовления раствора порошкообразного ракушечника и кальцинированной соды заключается в следующем (см. рис. 1): определенное количество порошкообразного ракушечника и кальцинированной соды разводят шахтной водой из противопожарного оросительного трубопровода 1, открывая вентиль фланцевый 2 в водяном баке емкостью 3 м<sup>3</sup>. При приготовлении водного раствора порошкообразного ракушечника и кальцинированной соды берут из расчета 5,0 г порошкообразного ракушечника и 1,0 г кальцинированной соды на 1 л раствора. При таком соотношении порошкообразного ракушечника, кальцинированной соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и воды получают 0,5% порошкообразного ракушечника; 0,1%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Для приготовления 1,0% порошкообразного ракушечника берут 10 г порошкообразного ракушечника; 0,2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  – 2 г кальцинированной соды на 1 л раствора.

Затем полученный раствор с помощью насоса 4 подают через штрековый фильтр 5 для очистки раствора от механических примесей в забойный трубопровод 6, затем через комбайновый фильтр 7 к форсункам 8 оросительной системы шнеков 9 очистного комбайна 10.

При распылении раствора в атмосфере выработки и, особенно, в зоне работы режущих органов очистного комбайна происходит, наряду с подавлением угольной пыли, контактирование серосодержащих газов с кальцинирово-содово-ракушечным раствором, результатом которого являются адсорбция порошкообразным раку-

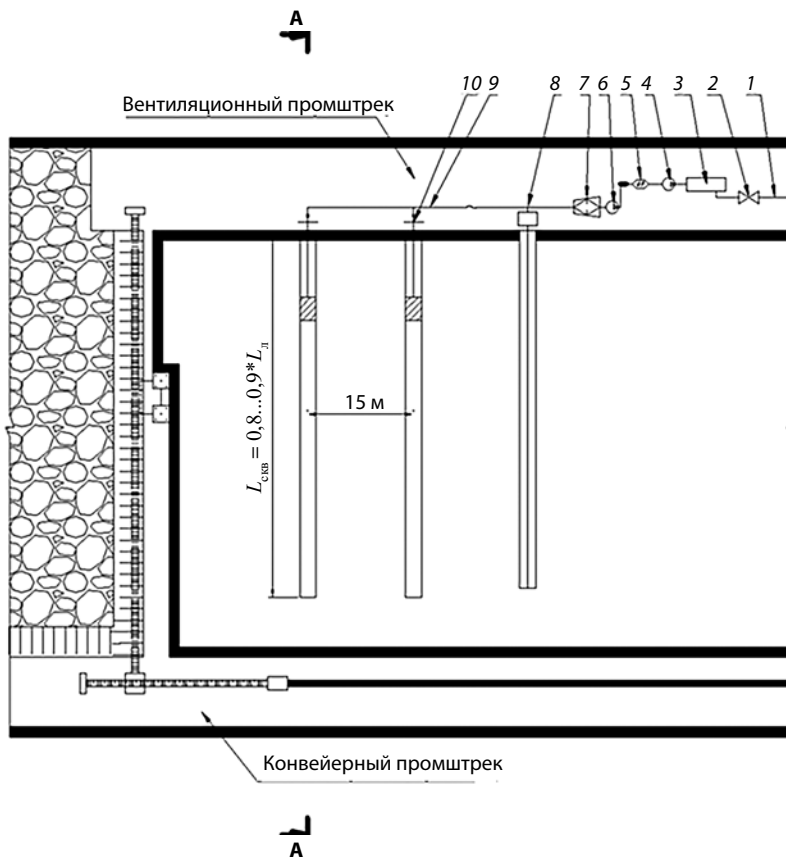


Рис. 2. Схема комплекса оборудования для нагнетания в угольный массив порошкообразного ракушечно-кальцинированного содового состава: 1 – противопожарный оросительный трубопровод; 2 – вентиль фланцевый; 3 – бак емкостью 3 м<sup>3</sup>; 4 – насос подпиточный; 5 – расходомер; 6 – насосная высоконапорная установка; 7 – фильтр штрековый; 8 – буровой станок; 9 – рукав высоконапорный; 10 – герметизатор

Fig. 2. Layout of the complex equipment for injecting powdered shell-calcined soda composition into the coal mass: 1 – fire prevention irrigation pipeline; 2 – flanged valve; 3 – a tank of 3 m<sup>3</sup> capacity; 4 – recharging pump; 5 – flow meter; 6 – high-pressure pumping unit; 7 – drift filter; 8 – drilling rig; 9 – high-pressure hose; 10 – sealer

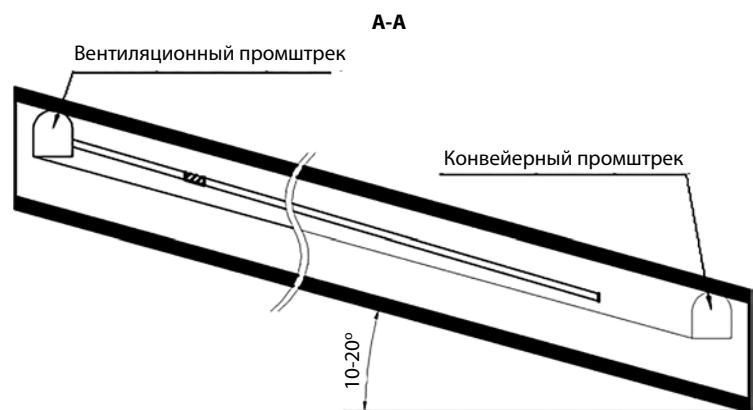
шечником, а также нейтрализация их кальцинированной содой до образования средних солей.

В шахтных условиях для подачи кальцинирово-содово-ракушечного раствора в оросительную систему очистного комбайна рекомендуется применение дозатора смачивателя участкового ДСУ-4 (см. рис. 1).

Во время работы очистного комбайна по отработке сероводородной зоны дозированный кальцинирово-содово-ракушечный раствор подается на форсунки оросительной системы шнеков очистного комбайна. Расход раствора зависит от концентрации и количества серосодержащих газов, выделившихся в атмосферу горной выработки.

При распылении раствора в атмосфере очистной выработки и, особенно, в зоне работы режущих органов очистного комбайна происходит, наряду с подавлением угольной пыли, контактирование серосодержащих газов с кальцинирово-содово-ракушечным раствором, результатом которого являются адсорбция порошкообразным ракушечником, а также нейтрализация их кальцинированной содой до образования средних солей.

Принципиальная схема установки для нейтрализации серосодержащих газов в очистном забое (см. рис. 1) применяется и для комплекса оборудования для системы гидроорошения очистного комбайна кальцинирово-содово-ракушечным раствором.



Кроме того, раствор можно использовать для предварительной обработки угольного массива в зонах проявления серосодержащих газов посредством бурения глубоких скважин и нагнетания в них предлагаемого раствора (рис. 2).

На рис. 2 изображена схема комплекса оборудования для нагнетания в угольный массив порошкообразного ракушечно-кальцинированного содового состава.

Расход раствора принимается, исходя из требуемого показателя для увлажнения при борьбе с пылеобразованием, 8-10 л на 1 т запасов угля. На выемочном участке при отработке зон проявления серосодержащих газов рекомендуется бурить восстающие, нисходящие или горизонтальные глубокие скважины, длина которых на 15-20 м меньше длины лавы. Расстояние между скважинами по простиранию или падению пласта рекомендуется принимать равным 15 м.



Для обеспечения качественной обработки угольного массива устье скважины должно быть надежно загерметизировано с таким расчетом, чтобы герметизация могла выдержать давление нагнетаемой жидкости до 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>). Для этого могут быть использованы различные типы механических герметизаторов (гидрозатворов). Подача раствора в глубокие скважины может производиться насосными установками типа УНВ-2, УН-35, УНР-0,2, 2УГНМ.

При бурении глубоких скважин диаметром до 60 мм их герметизация при нагнетании кальцинирово-содово-ракушечного раствора может осуществляться герметизаторами типа ГАС-45, ГАС-60, «Таурус». Скважины диаметром 80-100 мм должны герметизироваться механическими герметизаторами или твердеющими составами.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение в комплексе перечисленных выше мер приведет к значительному снижению содержания сероводорода и сернистого газа в шахтных выработках, созданию безопасных условий труда горняков, достижению высоких технико-экономических показателей работы механизированных комплексов в неблагоприятных условиях [11].

Актуальность этих мероприятий заключается в том, что они позволяют надежно снизить содержание серосодержащих газов при разработке угольных пластов до предельно допустимой концентрации.

Разработанные экологически чистые технологии подавления серосодержащих газов при подземных горных работах достаточно просты, удобны для практического применения, экономически эффективны, обеспечивают чистоту шахтной атмосферы и окружающей среды.

### Список литературы • References

1. Drizhd N.A., Kamarov R.K., Ahmatnurov D.R., Zamaliyev N.M. Coal bed methane Karagandabasin in the gas balance Republic of Kazakhstan: status and prospects. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2017;(1):12–20.
2. Kamarov R.K., Zamaliyev N.M., Ahmatnurov D.R., Musin R.A. Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2018;(2):5-11.
3. Временная инструкция по контролю и борьбе с серосодержащими газами на шахтах Карагандинского бассейна. Утв. техническим директором ПО «Карагандауголь». Караганда, 1990. 35с.
4. Drizhd N.A., Kamarov R.K., Isabek T.K., Portnov V.S. Reduction Technologies of sulfur-containing gases during Mining Operations. *Mining of Mineral Deposits. Web of Science Core Collection*. EH Leiden. The London, CRC Press / Balkema, 2014, pp. 447-459.
5. Складенко И.П. Сероводород в угольных шахтах и меры борьбы с ним. М.: Углетехиздат, 1958. 30 с.
6. Преображенская Е.И., Негруцкая Н.С., Кривошеев В.О. Серосодержащие газы в угольных шахтах и способы борьбы с ними. *Экспресс-информ*. М.: ЦНИЭИУголь. 1982. 28 с.
7. Авторское свидетельство СССР № 1138516, Способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / К.Н. Адилев, Н.А. Дрижд, А.А. Джакупов, Р.К. Камаров и др., кл. Е 21 F 5/06, 1985. Бюл. № 5.
8. Авторское свидетельство СССР № 1273598, Состав для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / К.Н. Адилев, С.С. Баймухаметов, Р.К. Камаров и др., кл. Е 21 F 5/06, 1986. Бюл. № 44.
9. Инновационный патент № 21194, Способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / К.Н. Адилев, Р.К. Камаров, П.П. Оленченко и др., кл. Е 21 F 5/06, 2009. Бюл. № 5.
10. Способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / Р.К. Камаров, Т.К. Исабек, В.Ф. Демин, М.К. Ибраев, Н.А. Медеубаев, А.Ж. Имашев. Республика Казахстан. Патент на полезную модель № 7684. Регистрационный № 2022/0840.2. Дата подачи 30.09.2022. Дата выдачи патента 23.12.2022. Астана: РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК.
11. Физико-химические воздействия на серосодержащие газы при ведении подземных горных работ: Монография / Н.А. Дрижд, Р.К. Камаров, Т.К. Исабек и др. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2013. 186 с.

### Authors Information

**Kamarov R.K.** – PhD (Engineering), Academician of the National Academy of Mining Sciences, Professor at the Department of Development of Mineral Deposits, Director of the Institute for Advanced Studies of the Karaganda Technical University named after Abylkas Saqinov, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: kamarov\_49@mail.ru

**Shukaev A.G.** – Master's Student at the Department of Development of Mineral Deposits of the Karaganda Technical University named after Abylkas Saqinov, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan

### Информация о статье

Поступила в редакцию: 18.11.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

### Paper info

Received November 18, 2024

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

УДК 504.4.054 © С.Г. Пачкин✉, П.П. Иванов, Л.А. Иванова,  
А.Г. Семенов, Е.С. Михайлова, 2025

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия  
✉ e-mail: sergon777@inbox.ru

UDC 504.4.054 © S.G. Pachkin✉, P.P. Ivanov, L.A. Ivanova,  
A.G. Semenov, E.S. Mikhaylova, 2025

Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation  
✉ e-mail: sergon777@inbox.ru

# Модульный подход к управлению системой очистки карьерных сточных вод\*

## A modular approach to managing an open pit wastewater treatment system

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-102-107>

### ПАЧКИН С.Г.

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры  
Мехатроники и автоматизации  
технологических систем ФГБОУ ВО  
«Кемеровский государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: sergon777@inbox.ru

### ИВАНОВ П.П.

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры  
Мехатроники и автоматизации  
технологических систем ФГБОУ ВО  
«Кемеровский государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: ipp7@yandex.ru

\* Исследование выполнено в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 № 1144-р, при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, № соглашения 075-15-2022-1201 от 30.09.2022.

В условиях постоянного расширения открытой добычи угля и ужесточающихся требований к экологической обстановке на территориях угледобычи в последнее время очень остро стоит задача комплексной очистки собираемых карьерных сточных вод. Традиционная технология очистки подразумевает два этапа: первичную гравитационную очистку в зумпфах-отстойниках и последующую доочистку на специализированных модулях, реализующих процессы реагентной, сорбционной, мембранной и других технологий. Выбор совокупности используемых модулей и их производительности должен определяться в зависимости от ряда факторов как технологического, так и экономического характера. Разработанная схема АСУТП участка доочистки позволяет в зависимости от текущих условий определить перечень используемых модулей и степень их использования, тем самым уменьшить эксплуатационные затраты участка при сохранении показателей качества очистки, которые будут определяться направлением использования очищенных сточных вод.

**Ключевые слова:** карьерные сточные воды, система автоматического управления, технологический модуль, модульная структура, структура автоматизированной системы управления.

**Для цитирования:** Модульный подход к управлению системой очистки карьерных сточных вод / С.Г. Пачкин, П.П. Иванов, Л.А. Иванова и др. // Уголь. 2025;(4):102-107. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-102-107.

### Abstract

In conditions of constant expansion of surface coal mining and increasingly stringent requirements to the environmental condition in the coal mining areas, the problem of integrated treatment of the collected open pit wastewater has recently become very acute. The conventional treatment technology implies two stages. i.e. the primary gravitational treatment in settling ponds and the subsequent additional treatment in dedicated modules that utilize the processes of the reactant, sorption, membrane and other technologies. The selected set of modules to be used and their

*productivity should be determined depending on a number of factors of both technological and economic nature. The developed flowchart of the automatic process control system of the post-treatment plant allows determining the list of modules to be used and the degree of their utilization depending on the current conditions, thus reducing the operating costs of the plant while maintaining the quality indicators of treatment, which will be defined by the utilization of the treated wastewater.*

#### **Keywords**

*Open pit wastewater, automatic control system, process module, modular structure, structure of automated control system.*

#### **Acknowledgements**

The research was carried out as part of the 'Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life' Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144p of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022, with financial support by the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation, Agreement No. 075-15-2022-1201 as of September 30, 2022.

#### **For citation**

Pachkin S.G., Ivanov P.P., Ivanova L.A., Semenov A.G., Mikhaylova E.S. A modular approach to managing an open pit wastewater treatment system. *Ugol'*. 2025;(4):102-107. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-102-107.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время наблюдается расширение открытой добычи угля, так как этот способ является более экономичным и безопасным с точки зрения охраны труда. Однако при данном способе добычи наблюдается значительное антропогенное воздействие на экосистемы районов добычи, выражающееся, в частности, в образовании значительного количества сточных вод, которые собираются в зумпфах и прудах-отстойниках, где происходит первая стадия очистки, выражающаяся в гравитационном осаждении взвешенных частиц.

Очищенная таким образом вода может повторно использоваться внутри карьеров, но, во-первых, ее потребляется значительно меньше, чем накапливается [1, 2], а во-вторых, это потребление характеризуется существенной неравномерностью. Это приводит к периодическому переполнению прудов-отстойников, что, в свою очередь, требует регулярного сброса воды в открытые природные источники. При этом для соблюдения нормативных показателей сточные воды должны проходить несколько этапов очистки.

Из анализа состава сточных вод различных угледобывающих предприятий Кузбасса установлено, что основными загрязнителями являются взвешенные вещества, нефтепродукты, растворенные соединения азота, марганца, цинка, железа, серы, фенолы и другие соединения органической и неорганической природы [3, 4].

Существует большое количество технологических решений очистки сточных вод, но они не предусматривают возможности адаптации к текущей вариативности загрязнителей на конкретном объекте в имеющихся технологических условиях изменения как количественных, так и качественных показателей собираемых карьерных сточных вод, которые могут быть вызваны изменением гидрогеологических условий добычи, факторами сезонности и ме-

#### **ИВАНОВА Л.А.**

*Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры Техносферная безопасность ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: lyuda\_ivan@mail.ru*

#### **СЕМЕНОВ А.Г.**

*Доктор техн. наук, профессор кафедры Теории и методики преподавания естественнонаучных и математических дисциплин ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: agsem55@yandex.ru*

#### **МИХАЙЛОВА Е.С.**

*Канд. хим. наук, начальник управления по реализации КНТП ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: e\_s\_mihaylova@mail.ru*



теоретическими условиями. Это обстоятельство ведет к необходимости постоянной адаптации используемой технологии очистки.

В то же время некоторое количество частично очищенной воды может направляться на повторное использование на смежные предприятия или технологические нужды карьера, где в каждом случае требуются различные показатели качества воды [2], что ведет к изменению расходных характеристик основного технологического потока, а иногда и к полному отключению некоторых модулей системы очистки.

Основная проблема при таком режиме работы – это постоянно изменяющиеся условия эксплуатации очистных сооружений, что требует создания системы мониторинга всех возникающих условий и своевременного переключения на требуемые режимы работы.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ

Рассмотрев исследования степени загрязнения сточных вод угольных карьеров Кузбасса и проанализировав способы очистки от выявленных загрязнителей, было выделено семь основных методов очистки. Объединив все эти методы в общую технологическую систему, можно получить строгую последовательность их использования. При технической реализации такой системы очистки предлагается каждый из этих методов выделить в отдельный модуль, обозначив его созвучно названию метода:

- модуль 1 – корректировка pH;
- модуль 2 – коагуляция;
- модуль 3 – флокуляция;
- модуль 4 – механическая фильтрация;
- модуль 5 – обратный осмос;
- модуль 6 – адсорбция;
- модуль 7 – бактерицидная обработка.

Первые три модуля относятся к многоступенчатой реагентной очистке. Модуль 1 используется для стабилизации pH в сточных водах, что позволяет оптимизировать работу последующих стадий реагентной очистки сточных вод. Модуль 2 используется для очистки сточных вод от взвешенных частиц, а также железа, кальция, марганца, общего хрома и т.д. [5]. Модуль 3 необходим для очистки сточных вод от органических соединений, жиров, масел и нефтепродуктов.

Модуль 4 обеспечивает механическую очистку сточных вод на напорных фильтрах с зернистой загрузкой и осуществляет более глубокую очистку от взвешенных частиц, оставшихся после реагентной очистки.

Модуль 5 используется для обессоливания водных растворов мембранными методами от большинства ионов высокомолекулярных химических соединений.

Модуль 6 обеспечивает очистку воды от ионов аммония, фенола, соединений азота, сульфатов, а также ионов тяжелых металлов (железа, марганца и др.). Если этот модуль используется после обратного осмоса, то он направлен на доочистку воды от следов тяжелых металлов.

Модуль 7 необходим для уничтожения бактерий и других микроорганизмов за счет облучения воды в ультрафиолетовой установке.

В качестве ведущих факторов, вносящих изменения в условия проведения процессов очистки, можно выделить изменение количества, состава и концентрации загрязнителей в сточных водах, которые определяются: гидрогеологическими условиями добычи; временем года (сезона); теоретическими условиями.

При этом вначале решаются задачи по определению перечня модулей и их производительности. Условно это можно назвать этапом синтеза технологической схемы очистки. Данный выбор опирается на качественный состав загрязнителей в подаваемых сточных водах и зависит от величины притока сточных вод и степени их загрязнения теми или иными поллютантами.

В дальнейшем после ввода системы очистки в эксплуатацию требуется решать задачи, обеспечивающие оптимальное управление процессом:

- поддержание уровня воды в прудах-отстойниках в допустимых пределах;
- обеспечение требуемых предельно-допустимых значений загрязнений в очищенной воде, направляемой в реку или же сторонним потребителям;
- поддержание заданного расхода воды сторонними потребителями;
- оптимизация расходов энергии и материалов на единицу очищенной воды и др.

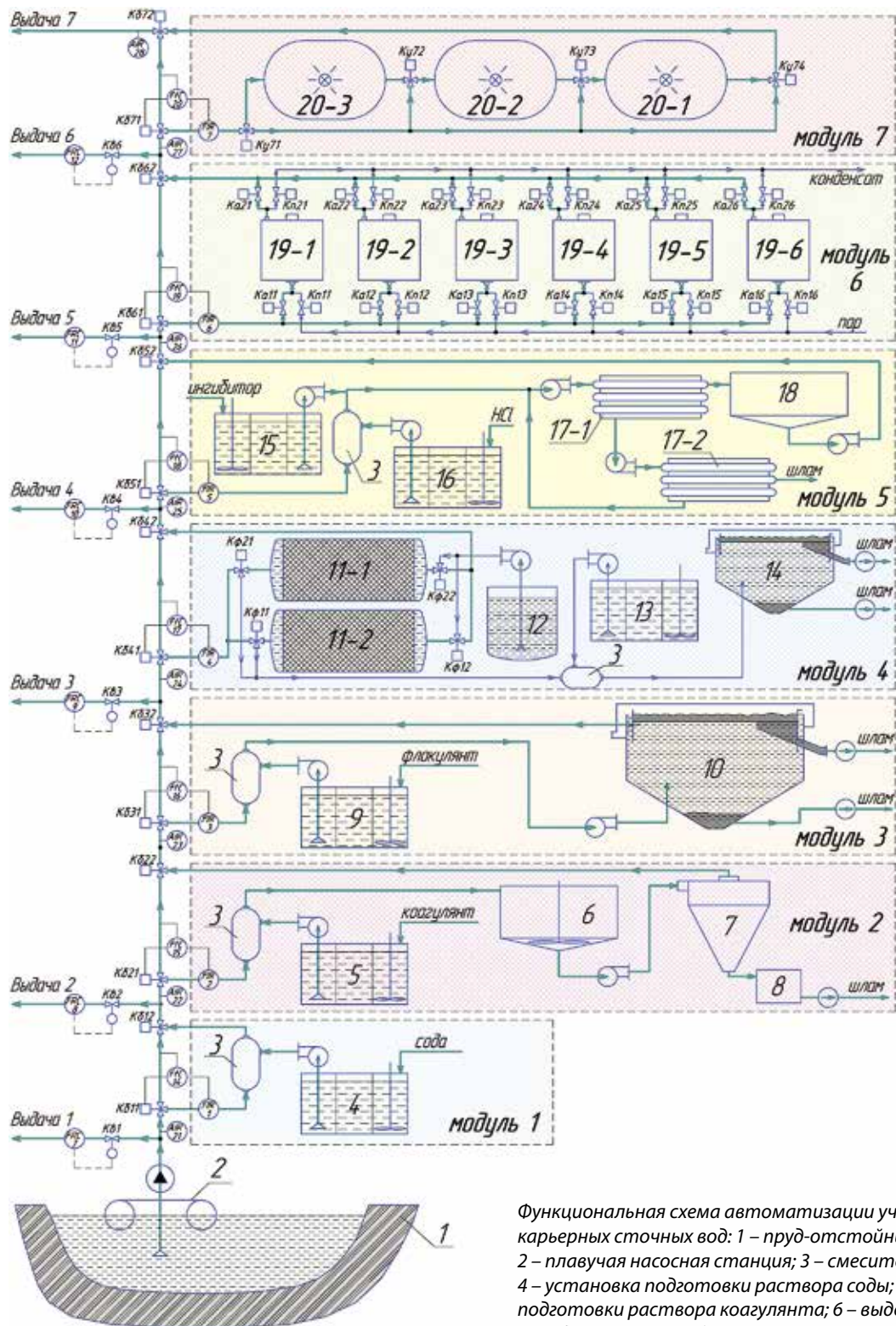
При этом в каждом модуле используется своя специализированная система автоматического управления, обеспечивающая режим работы, необходимый для достижения требуемого качества очистки при минимизации текущих расходов. А на основе полученной информации может потребоваться коррекция режимов работы модуля, вплоть до изменения состава вспомогательных веществ, например, корректировка состава коагулянта или флокулянта и поддержание оптимального соотношения их расходов с учетом количества подаваемой на очистку воды.

### ОПИСАНИЕ МЕТОДОВ И ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Для оперативного решения описанных задач разработана общая система автоматизированного управления технологическим процессом очистки сточных карьерных вод, условно разделенная на семь выделенных ранее модулей (см. рисунок).

Для обеспечения стабильной работы модуля 1 при сохранении заданных производственных показателей реализована САР корректировка pH, особенностью которой является использование алгоритма управления, созданного с элементами нечеткой логики, что позволяет решить задачу нелинейности статической и динамической характеристик процесса на фоне существенного отличия расходов смешивающихся потоков. Предложенный подход позволяет проводить корректировку установки в динамическом режиме, согласуя ее с изменяющимися условиями внешней среды [6].

Во 2-ом модуле качество очистки достигается за счет использования двух основных систем регулирования, обеспечивающих стабилизацию соотношения расходов сточной воды и коагулянта, а также давления в гидроци-



11 – фильтры; 12 – резервуар чистой воды для промывки фильтров; 15 – установка подготовки раствора ингибитора; 16 – установка подготовки раствора кислоты; 17 – мембранные модули; 18 – буферная емкость; 19 – адсорберы с неподвижным слоем сорбента; 20 – УФ-стерилизатор

Fig. 1. Functional automation diagram of the open-pit wastewater treatment plant: 1 – settling pond; 2 – floating pumping station; 3 – mixers; 4 – soda solution preparation unit; 5 – coagulant solution preparation unit; 6 – holding tank; 7 – hydrocyclone; 8 – sludge hopper; 9, 13 – flocculant solution preparation unit; 10, 14 – floatators; 11 – filters; 12 – clean water tank for filter washing; 15 – inhibitor solution preparation unit; 16 – acid solution preparation unit; 17 – membrane modules; 18 – buffer tank; 19 – adsorbers with fixed sorbent bed; 20 – UV sterilizer

клоне, что реализуется за счет применения непрерывных замкнутых САР с ПИД регулятором [7].

В модуле флотационной очистки достаточно стабилизировать соотношение расходов очищаемой воды и подаваемых растворов реагентов с обязательной коррекцией по степени загрязненности подаваемых сточных вод [8].

Учитывая, что в модуле фильтрации используются напорные фильтры с зернистой загрузкой, требующие периодической регенерации фильтрующего слоя, осуществляемой путем вывода аппарата из технологического процесса, то для оптимизации работы модуля и обеспечения неразрывности потока очищаемых вод фильтры установлены парно. При этом система управления работой фильтров обеспечивает перенаправление потоков при достижении предельного гидравлического сопротивления фильтрующего слоя, которое оценивается по перепаду давления между входом и выходом фильтра. На этапе промывки используется автоматическая система, предусматривающая утилизацию полученных промывочных вод, характеризующихся значительным загрязнением [9].

Автоматизированная система управления обратноосмотическим оборудованием предполагает регулирование давления фильтруемой среды на входе в модуль. Контроль перепада давлений на входе и выходе обратноосмотического аппарата позволяет оценить степень загрязненности фильтрующей мембраны, и при достижении критического уровня система автоматического управления переводит поток очищаемых сточных вод на резервный обратноосмотический модуль, после чего регенерация обратноосмотического фильтра осуществляется в автоматическом режиме по специальной программе [10, 11].

Особенностью аппаратного оформления шестого модуля является использование батареи адсорберов с неподвижным слоем сорбента, рабочий цикл каждого из которых смещен друг относительно друга. Это обстоятельство требует использования системы автоматического управления переключением потока между аппаратами. При этом для увеличения продолжительности работы между циклами регенерации используется каскадная система регулирования, обеспечивающая снижение скорости подачи сточных вод в адсорбер по мере насыщения сорбента в соответствующем аппарате [12].

Система регулирования модуля бактерицидной очистки предполагает подключение дополнительных УФ-стерилизаторов для обеспечения необходимого времени обработки очищаемых сточных вод при изменении величины их потока [13].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Одна из задач, решаемых при разработке системы очистки воды, – это повторное использование очищенной сточной воды внутри карьера или сторонними предприятиями. Разработанная схема управления (см. рисунок) предусматривает возможность выдачи воды потребителю (регулирующие клапаны *Kв1...Kв6*), если достигнутая на данном этапе степень очистки воды

удовлетворяет его требованиям. Перечень потребителей и объемы подачи очищенной воды определяются отдельно для каждого предприятия [2]. Это может повлиять на выбор перечня используемых модулей и на их производительность. Поэтому за счет установки в трубопровод подачи сточных вод байпасных клапанов *Kб11...Kб72* любой из этих модулей может быть использован полностью или частично (вплоть до полного отключения) в зависимости от:

- химического состава и концентрации поллютантов в очищаемых сточных водах;
- объема очищаемых сточных вод;
- степени очистки, определяемой нормативными значениями или требованиями сторонних потребителей;
- метеорологических условий;
- сезонных факторов;
- гидрогеологических условий добычи.

Одним из факторов повышения эффективности процесса очистки является увеличение цикла работы модулей, которое может быть достигнуто за счет уменьшения нагрузки на них. Данную задачу в разработанной системе предлагается решать путем разделения потока воды на любом модуле на два параллельных потока. Один поток идет напрямую, минуя тот или иной модуль очистки, а другой проходит через него. На выходе из модуля оба потока соединяются, и за счет контроля степени загрязнения смешанного потока (датчики AIR21...27) задается коэффициент пропорциональности для системы регулирования соотношения расходов этих потоков (FFC14...28). При этом датчики загрязнения позволяют регистрировать качество воды, подаваемой сторонним потребителям.

В случае повышения загрязненности исходных сточных вод по какому-либо показателю, когда рассчитанная предварительно мощность одного из модулей не может обеспечить должной очистки воды, система позволяет производить разбавление очищенных вод водой, прошедшей через один из следующих модулей, обеспечивающий удаление указанного загрязнителя. Это позволит снизить концентрацию этого загрязнителя и поддержать расчетный режим эксплуатации данного модуля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В большинстве случаев сточные воды представляют собой многокомпонентный раствор органических и неорганических загрязнений, для эффективного разделения которого могут использоваться различные методы очистки. Выбор совокупности методов определяется химическим составом, концентрацией загрязнителей и объемом подаваемых на очистку сточных вод, а также требуемой степенью очистки, которая будет определяться направлением дальнейшего использования очищенных сточных вод. В зависимости от типа и количества этих факторов предложенная АСУ ТП участка очистки карьерных сточных вод позволяет в любой момент времени подобрать оптимальную совокупность модулей и их производительность, а также значения ключевых технологических параметров для каждого модуля.



**Список литературы • References**

1. Гусев Н.Н. Эколого-экономическая оценка вовлечения шахтных вод в хозяйственный оборот // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № 7. С. 245-248.  
Gusev N.N. Environmental and economic assessment of mine water commercialization. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2010;(7):245-248. (In Russ.).
2. Организация повторного использования карьерных сточных вод угледобывающих предприятий / П.П. Иванов, С.Г. Пачкин, Л.А. Иванова и др. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2024. № 3. С. 190-199. DOI: 10.15372/FTPRI20240320.  
Ivanov P.P., Pachkin S.G., Ivanova L.A., Mikhailova E.S., Semenov A.G. Wastewater reuse in open pit coal mines. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. 2024;(3):190-199. (In Russ.). DOI: 10.15372/FTPRI20240320.
3. Оценка эффективности очистки сточных вод угледобывающего предприятия и ее влияние на загрязнение малых рек / Л.А. Иванова, Н.С. Голубева, И.В. Тимошук и др. // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 1. С. 60-65. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-1-60-65.  
Ivanova L.A., Golubeva N.S., Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K., Prosekov A.Yu., Sapurin Z.P., Medvedev A.V. Evaluation of the efficiency of wastewater treatment of a coal mining enterprise and its impact on the pollution of small rivers. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2023;27(1):60-65. (In Russ.). DOI: 10.18412/1816-0395-2023-1-60-65.
4. Maiti D., Ansari L., Rather M., Deepa A. Comprehensive review on wastewater discharged from the coal-related industries – characteristics and treatment strategies. *Water Science and Technology*. 2019;79(11):C. 2023-2035. DOI: 10/2166/wst.2019.195.
5. Выбор сорбента для элиминации ионов железа из сточных и природных вод / Л.А. Иванова, И.В. Тимошук, А.К. Горелкина и др. // Техника и технология пищевых производств. 2024. Т. 54. № 2. С. 398-411. DOI: 10.21603/2074-9414-2024-2-2516.  
Ivanova L.A., Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K., Mikhaylova E.S., Golubeva N.S., Neverov E.N., Utrobina T.A. Removing excess iron from sewage and natural waters: selecting optimal sorbent. *Tekhnika i tehnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2024;54(2):398-411. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2024-2-2516.
6. Автоматизация процесса регулирования pH в схеме очистки карьерных сточных вод угледобывающих предприятий / П.П. Иванов, С.Г. Пачкин, В.П. Иванова и др. // Уголь. 2024. № 7. С. 84-90. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-84-90.  
Ivanov P.P., Pachkin S.G., Ivanova V.P., Semenov A.G., Mikhaylova E.S. Automation of the pH control process in treatment of surface coal mine runoff water. *Ugol'*. 2024;(7):84-90. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-84-90.
7. Автоматизация процесса непрерывной коагулянтной очистки карьерных сточных вод / П.П. Иванов, С.Г. Пачкин, Р.В. Котляров и др. // Уголь. 2024. № 6. С. 101-106. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-101-106.  
Ivanov P.P., Pachkin S.G., Kotlyarov R.V., Ivanova I.A., Mikhailova E.S. automation of the continuous coagulant treatment process of open pit wastewaters. *Ugol'*. 2024;(6):101-106. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-101-106.
8. Нарбатыров Т.Ж. Автоматизация процессов флотации // Интернаука. 2024. № 18-3. С. 65-68.  
Narbatyrov T.Zh. Automation of flotation processes. *Internauka*. 2024;(18-3):65-68. (In Russ.).
9. Meireles M., Prat M., Estachy G. Analytical modeling of steady-state filtration process in an automatic self-cleaning filter. *Chemical engineering research and design*. 2015;(100):15-26.
10. Safarov I. Automation of clean drinking water supply processes in agriculture systems. *Economics and society*. 2023;11(114):2: 390-393.
11. Anis S.F., Hilal N., Hashaikh R. Reverse osmosis pretreatment technologies and future trends: A comprehensive review. *Desalination*. 2019;(452):159-195. DOI: 10.1016/j.desal.2018.11.006.
12. Pachkin S.G., Ivanov P.P., Ivanova L.A., Semenov A.G., Mikhailova E.S. Automated Control of Sorptional Treatment of Mine Wastewater. *Coke and Chemistry*. 2023;66(10):522-525. DOI: 10.3103/s1068364x23701168.
13. Грудинкин А.П., Пискарева В.М. Технологические и технические особенности метода обеззараживания воды ультрафиолетом // Сантехника. 2024. № 5. С. 52-56.  
Grudinkin A.P., Piskareva V.M. Technological and technical features of water disinfection using UV light method. *Santekhnika*. 2024;(5): 52-56. (In Russ.).

**Authors Information**

**Pachkin S.G.** – Phd (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of Department of Mechatronics and automation of technological Systems, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: sergon777@inbox.ru

**Ivanov P.P.** – Phd (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: ipp7@yandex.ru

**Ivanova L.A.** – Phd (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: lyuda\_ivan@mail.ru

**Semenov A.G.** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Theory and Methods of Teaching Natural Science and Mathematical Disciplines, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: agsem55@yandex.ru

**Mikhaylova E.S.** – Phd (Chemistry), Head of the Department for Implementation of Integrated Scientific and Technical Programs, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: e\_s\_mihaylova@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 9.12.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

**Paper info**

Received December 9, 2024

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

УДК 630.182.21 © В.И. Уфимцев<sup>1</sup>, Д.А. Соколов<sup>2</sup>, О.М. Легощина<sup>1</sup>, 2025 UDC 630.182.21 © V.I. Ufimtsev<sup>1</sup>, D.A. Sokolov<sup>2</sup>, O.M. Legoshchina<sup>1</sup>, 2025<sup>1</sup> Кузбасский ботанический сад ФИЦ УУХ СО РАН, 650065, г. Кемерово, Россия<sup>2</sup> Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, г. Новосибирск, Россия

✉ e-mail: uwy2079@gmail.com

<sup>1</sup> Kuzbass Botanical Garden of Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of the SB RAS, Kemerovo, 650065, Russian Federation<sup>2</sup> Institute of Soil Science and Agrochemistry of the SB RAS, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

✉ e-mail: uwy2079@gmail.com

# Депонирование углерода в надземной фитомассе древостоев на отвалах Горловского антрацитового месторождения\*

## Carbon seposition in the above ground phytomass of forest stands on damps of the Gorlovsky anthracite field

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-108-113>**УФИМЦЕВ В.И.**

Доктор биол. наук,  
главный научный сотрудник  
Кузбасского ботанического сада  
ФИЦ УУХ СО РАН,  
650065, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: uwy2079@gmail.com

**СОКОЛОВ Д.А.**

Доктор биол. наук,  
заведующий лабораторией  
рекультивации почв  
Института почвоведения  
и агрохимии СО РАН,  
630090, г. Новосибирск, Россия,  
e-mail: sokolovdenis@mail.ru

**ЛЕГОЩИНА О.М.**

Канд. биол. наук, научный сотрудник  
Кузбасского ботанического сада  
ФИЦ УУХ СО РАН,  
650065, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: arabena@inbox.ru

Лесные экосистемы умеренного пояса выступают основными стоками атмосферного углерода. Наиболее высокой способностью поглощения углекислого газа обладают молодые насаждения быстрорастущих лиственных и хвойных деревьев первой величины. В этой связи насаждения, возникающие на техногенных ландшафтах – отвалах вскрышных пород угольной промышленности – могут рассматриваться как «углеродные фермы» – участки с положительным балансом углерода, превышающие по темпам секвестрации углерода окружающие естественные массивы с технически спелыми древостоями. В пределах Новосибирской области наиболее значительная площадь техногенных ландшафтов, на которых формирование экосистем происходит «с нуля», представлена на отвалах Горловского антрацитового месторождения. Здесь формируются, произрастают преимущественно лиственные насаждения, характеризующиеся разнородностью породного состава, возраста и густоты. Исследования продуктивности насаждений показывают высокие темпы накопления углерода, что позволяет их считать

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00116 «Органическое вещество почв техногенных ландшафтов антрацитовых месторождений Сибири: накопление и трансформация».

перспективными прототипами для разработки моделей «карбоновых ферм».

**Ключевые слова:** угольные месторождения, отвалы вскрышных пород, лесные насаждения, секвестрация углерода, «карбоновые фермы», фитомасса, техногенные почвы, органическое вещество.

**Для цитирования:** Уфимцев В.И., Соколов Д.А., Легощина О.М. Депонирование углерода в надземной фитомассе древостоев на отвалах Горловского антрацитового месторождения // Уголь. 2025;(4):108-113. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-108-113.

### Abstract

*Temperate forest ecosystems are the main sinks of atmospheric carbon. Young stands of fast-growing deciduous and coniferous trees of the first magnitude have the highest capacity to absorb carbon dioxide. In this regard, stands arising on technogenic landscapes – waste rock dumps of the coal industry – can be considered as “carbon farms” – areas with a positive carbon balance, exceeding the rates of carbon sequestration of the surrounding natural massifs with technically mature stands. Within the Novosibirsk Region, the most significant area of technogenic landscapes, where ecosystems are being formed “from scratch”, is represented by the dumps of the Gorlovskoye anthracite deposit. Here, predominantly deciduous stands are formed, characterized by heterogeneity of species composition, age and density. Studies of the productivity of the stands show high rates of carbon accumulation, which allows them to be considered promising prototypes for the development of “carbon farm” models.*

### Keywords

*Coal deposits, waste rock dumps, forest plantations, carbon sequestration, “carbon farms”, phytomass, technogenic soils, organic matter.*

### Acknowledgements

The research was supported by the Russian Science Foundation, Grant No. 23-24-00116 “Organic matter in soils of man-made landscapes of anthracite deposits in Siberia: accumulation and transformation”.

### For citation

Ufimtsev V.I., Sokolov D.A., Legoshchina O.M. Carbon sequestration in the above ground phytomass of forest stands on dumps of the Gorlovsky anthracite field. *Ugol*. 2025;(4):108-113. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-108-113.

## ВВЕДЕНИЕ

Продуктивность древесных насаждений – важнейшая характеристика соответствия экологических условий биологии вида. Вместе с тем продуктивность, связанная с нарастанием стволовой и нестволовой фитомассы древостоев за единицу времени, характеризует способность древесных видов к накоплению и аккумуляции депонированного атмосферного углерода. Известно, что максимальной величиной годового углероддепонирования в расчете на лесопокрытую площадь – 4,2-7,2 т/га – обладают лесные насаждения в период II и III класса возраста, после чего ежегодные объемы депонирования углерода

значительно сокращаются [1, 2]. Спелые и перестойные леса, преобладающие на значительных площадях в Российской Федерации, обладают сниженной текущей углероддепонировывающей способностью и близким к нулевому или даже отрицательному углеродным балансам [3, 4]. В связи с этим велика роль лесных экосистем, формирующихся на техногенных субстратах и обладающих параметрами продуктивности, соизмеримыми с продуктивностью высокобонитетных лесов в естественных условиях [5]. Насаждения, произрастающие на отвалах, могут рассматриваться в качестве «карбоновых ферм», которые могут внести существенный вклад в снижение углеродного следа индустриально развитых регионов [6].

На участках отвалов с успешным лесовозобновлением основными параметрами, характеризующими углеродонакопление, являются фитомасса стволовой и нестволовой частей, как отдельных деревьев, так и древостоя в целом, а в структуре нестволовой части – доля листвы, выполняющей функции фотосинтеза, доля живых ветвей, обеспечивающих его активность и долголетие, и доля отмерших ветвей на дереве – сучьев, обуславливающих переход функций углеродопоглощения и накопления фитомассы в вышележащие ярусы живых ветвей [7, 8].

Цель данной работы – определить массу углерода, депонированного в надземной фитомассе разнопородных и разногустотных древостоев, формирующихся на участках самозарастания отвалов Горловского антрацитового месторождения. Результаты данной работы позволят, во-первых, определить наиболее продуктивные техногенные лесные экосистемы с точки зрения секвестрации атмосферного углерода, во-вторых, послужат основой для моделирования соответствующих условий по типу субстрата, породному составу насаждений и схемам посадки, на участках лесной рекультивации.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследований – древесные насаждения, произрастающие на неспланированных участках Нагорного отвала Горловского антрацитового месторождения, расположенного в Искитимском районе Новосибирской области. Территория района исследований относится к области степной и лугово-степной растительности на плакорах и склонах южных и юго-западных экспозиций, мелколиственных березовых, березово-осиновых и осиновых травяных лесов на склонах северных и восточных экспозиций [9].

Ранее проведенные исследования показали высокое содержание крупнообломочных фракций (частиц > 1 мм) от 56,2 до 80,0%. В то же время содержание физической глины (частиц < 0,01 мм) остается на крайне низком уровне – в среднем 6,5%. Исключение составляют участки отсыпки рыхлых осадочных пород, где содержание тонкодисперсных фракций достигает 59,9% при отсутствии скелетности. В целом же более высокая доля крупнообломочной части с низким содержанием физической глины характерна для почв склоновых и участков с бугристым рельефом. Содержание общего азота в слое 0-20 см эмбриоземов не превышает 0,25% при средних и медианных 0,14%, что



говорит о дефиците в почвах этого элемента и о слабой освоенности субстрата биологическими процессами, рН водной суспензии исследуемых эмбриоземов находится в области нейтральных и слабощелочных значений. Другим свойством эмбриоземов, находящимся в непосредственной зависимости от рельефа, является их плотность. В силу высокой каменистости эти почвы обладают более высокой плотностью (1,2-1,9 г/см<sup>3</sup>) по сравнению естественными фоновыми почвами. Максимальные ее значения 1,8-1,9 г/см<sup>3</sup> отмечаются на спланированных горизонтальных участках, минимальные – на участках с пересеченным рельефом и в местах отсыпки глин – 1,2-1,5 г/см<sup>3</sup> [10].

В ходе маршрутного обследования отвалов было выделено семь модельных участков, соответствующих параметрам лесопокрытой площади, на которых было заложено семь пробных площадей (ПП), ранжированных по породному составу, сомкнутости крон, типу почвы, экспозиции склонов, которые в целом отражают весь спектр лесорастительных условий на отвале (рис. 1).

Закладка пробных площадей проводилась в различающихся местообитаниях по элементам рельефа, породному составу и сомкнутости крон древостоев. Биологическая продуктивность древостоев определялась путем измерения надземной фитомассы древостоя по фракциям.



Рис. 1. Расположение пробных площадей  
Fig. 1. Location of the test plots

В условиях участков рекультивации наиболее приемлемым методом определения фитомассы является способ среднего дерева, который позволяет получить относительно точные сведения при минимальном количестве отчуждаемых деревьев [11, 12]. Таким образом, зная массу листьев и веток, площадь поперечного сечения среднего модельного дерева на высоте 1,3 м, число деревьев каждой ступени толщины и запасы стволовой древесины, можно определить, хотя бы в первом приближении, массу деревьев на пробной площади и, соответственно, величину надземной биомассы ( $M_0$ ), т/га.

Определение запасов углерода проводилось путем умножения величины абсолютно сухой фитомассы всех фракций древесины на коэффициент 0,5. Универсальный коэффициент пересчета, равный 0,5, принимается вне зависимости от видовой принадлежности или фракций древесных растений, в том числе и зеленых частей, поскольку основные лесобразователи умеренного пояса имеют достаточно близкое к этой величине содержание углерода [13].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что древесные насаждения, произрастающие на отвалах Горловского антрацитового карьера, возникли в результате естественного заноса семян с сопредельных ненарушенных лесных массивов, характеризуются выраженной разнородностью и различным породным составом. По возрастному состоянию насаждения ПП5 относятся к I классу возраста (12 лет – молодняк), ПП6 – к III классу возраста (40 лет – средневозрастные), всех остальных пробных площадей – ко II классу возраста (стадия жердняка – 22-28 лет) (табл. 1).

На каменистых субстратах отвалов, сложенных из техногенных элювиев песчаников, алевролитов и аргиллитов, расположенных на хорошо дренируемых поверхностях 1-го и 2-го ярусов (ПП1, ПП4, ПП6, ПП7), доминирующей древесной породой выступает береза повислая (*Betula pendula* L.). Густота древостоев варьирует более чем в 6 раз – от 1076 до 6419 экз./га. В то же время сомкнутость крон древостоев, в частности с преобладанием березы повислой, различается незначительно – от 60% (средне-сомкнутые насаждения) до 100% (высокосомкнутые насаждения).

Таблица 1

### Общая характеристика древостоев на модельных участках

General characteristics of the forest crop in the model plots

ПП	Густота древостоя, шт./га	Сомкнутость крон, %	Породный состав*	Расчетные параметры модельного дерева			Сумма площадей сечений (1,3 м), м <sup>2</sup>
				Возраст, лет	Высота, м	Диаметр (1,3 м), см	
ПП1	2144	90	9Б1Т+С	22	15	10,5	16,3
ПП2	1728	70	9Т1Б+И	28	16	12,85	14,5
ПП3	1251	40	6Ос3Б1С	25	12	10	9,4
ПП4	591	60	9Б1Ос+С+Т	20	12	12,4	8,8
ПП5	6419	100	10Ос+С+И	12	9	6,85	31,4
ПП6	6311	90	9Б1Ос+С+И	25	18	10,2	40,9
ПП7	2694	95	10Б+Ос+Т	25	11	7,4	15,6

\*Примечание: Б – береза повислая, Ос – осина, Т – тополь черный, С – сосна обыкновенная, И – ива козья.

**Содержание чистого углерода в надземной фитомассе древостоев**

The net carbon content in the aboveground phytomass of the forest crop

ПП	Преобладающая древесная порода	Возраст, лет	Масса чистого углерода по фракциям, кг/га				
			Сухие ветви	Стволы	Живые ветви	Листья	Всего
ПП1	Береза повислая	22	1417,5	44618,1	6379,4	3999,7	56414,7
ПП2	Тополь черный	28	0,0	23495,5	2558,5	3056,5	29110,5
ПП3	Осина	25	0,0	15352,1	7648,6	1645,3	24646,0
ПП4	Береза повислая	20	1225,4	12804,7	1432,6	4034,2	19497,0
ПП5	Осина	12	366,6	32174,4	36777,3	18365,9	87684,1
ПП6	Береза повислая	40	4092,3	260911,7	36341,6	16456,3	317801,9
ПП7	Береза повислая	25	313,4	20596,7	18987,7	7295,4	47193,2

На глинистых субстратах (ПП5), а также бессточных горизонтальных участках (ПП3) преобладающей древесной породой является осина (*Populus tremula* L.). Густота насаждений осины варьирует от 1251 до 6419 экз./га – в 5 раз, однако диапазон сомкнутости осинников более значительный – от 40% (малосомкнутые насаждения) до 100%, чем березняков, что подтверждает более высокие требования осины к условиям произрастания и характеризует осину как второстепенного эдификатора лесных экосистем на участках самозарастания отвалов. Другие древесные виды в древостоях присутствуют единично, в частности сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), которая выполняет функции ассектатора сообществ. Несущественное присутствие сосны объясняется в первую очередь спорадическим распространением сосны в растительном окружении отвалов.

На пониженных формах мезорельефа, каньонообразных участках, в значительной степени защищенных от прямой инсоляции, вследствие чего обладающих мезоморфным водным режимом (ПП2), занимающих, однако, незначительные площади относительно всей площади отвала, формируются насаждения тополя черного (*Populus nigra* L.) с примесью березы и ивы козьей (*Salix caprea* L.).

Величина абсолютных запасов надземной фитомассы древостоев в пересчете на чистый углерод варьирует в диапазоне от 19 до 317 т/га – между минимальным (ПП4) и максимальным (ПП6) значениями различия более чем в 16 раз (табл. 2). Резкое преобладание по этому показателю ПП6 обусловлено прежде всего более старшим возрастом насаждений – 40 лет и наивысшей густотой среди березняков – 6311 экз./га. По общему углеродонакоплению выделяется высокополнотный молодой осинник (ПП5), где, несмотря на малый возраст – 12 лет, в надземной фитомассе древостоя накоплено свыше 87 т/га углерода – больше, чем в березняках более старших возрастов, за исключением ПП6, также за счет повышенной густоты – 6419 экз./га, возникшей при естественном лесовозобновлении.

В березовых насаждениях величина углеродонакопления с очень высокой теснотой связи (0,994) находится в линейной зависимости от густоты древостоев до их максимальных значений (рис. 2).

Не подтверждается и снижение темпов накопления фитомассы с возрастом после смыкания крон при предельной густоте насаждений, произрастающих на отвалах,

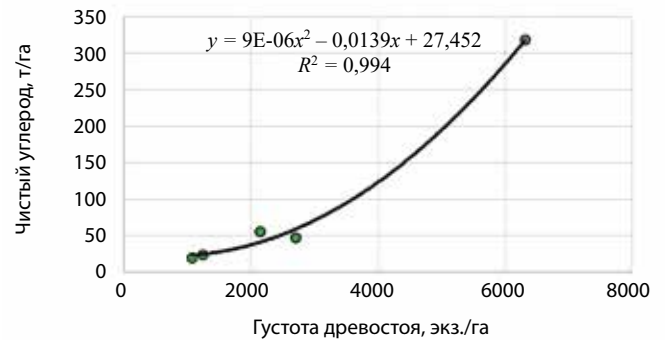


Рис. 2. Накопление чистого углерода в надземной фитомассе березовых древостоев в зависимости от густоты (шт./га), т/га

Fig. 2. Accumulation of net carbon in the aboveground phytomass of the birch forest crop depending on density (pcs./ha), t/ha

в отличие от культур на отвалах Кузбасса, для которых предельной величиной является густота на уровне 2500-3000 экз./га, после которой отмечаются резкое снижение ростовых процессов, угнетение жизненного состояния и снижение величины общей фитомассы древостоев [6]. Здесь, на склонах северных и северо-восточных экспозиций и находящихся под ними террасах деревья не испытывают дефицита в увлажнении за счет перераспределения осадков по поверхности и сохранения влаги в менее плотных почвах.

Соотношение фракций надземной фитомассы по содержанию углерода показывает, что при предельной густоте средневозрастных насаждений доля углерода кроны (в живых ветвях – 11,4%, в листьях – 5,2%) в целом сопоставима с показателями сомкнутых березняков II класса возраста (ПП1 – 11,3% и 7,1% соответственно) или тополевых насаждений (8,9 и 10,6% соответственно), что свидетельствует о сохранении текущей величины углеродонакопления.

Максимальная доля углерода кроны отмечена на ПП5, где 41,9% составляет доля живых ветвей и 21,0% – доля листьев, которые обуславливают высокую величину депонирования углерода молодым осинником. Высокая доля фитомассы живых веток также отмечена в несомкнутом 25-летнем осиново-березовом насаждении (ПП3) – 30,9%, на фоне преобладания доли стволового углерода – 62,6%.

Известно, что запасы углерода, содержащиеся в листовой массе, служат интегральным показателем фотосинтезирующей способности древостоев, обеспечивающей накопление углерода во всех фракциях биомассы [14]. Следовательно, в древостоях, обладающих повышенной фитомассой нестволовых фракций, относительно высокополнотных древостоев более старших возрастов пик накопления углерода еще не достигнут, и по мере взросления насаждений темпы депонирования углерода в надземной фитомассе могут существенно возрасти.

Важнейшим показателем, характеризующим способность насаждений разных возрастов к депонированию углерода, является среднегодовая величина углеродонакопления (рис. 3). Существенно преобладают по этому показателю молодые осинники на ПП5 – 7,3 чистого т/га в год и средневозрастные березовые насаждения на ПП6 – 7,9 т/га в год.

Эти показатели в 1,5-2 раза превышают показатели депонирования сомкнутых сосняков, произрастающих на отвалах вскрышных пород в Кузбассе [6], и могут

быть отнесены к максимально продуктивным лесным биомам Западной Сибири [8]. Сравнение по среднегодовому углеродонакоплению между осинниками и березовыми насаждениями, с одной стороны, и березовыми насаждениями разных возрастов, с другой стороны, свидетельствует, что высокополнотные осинники, формирующиеся на плохо дренируемых, но не переувлажненных участках, уже в раннем возрасте выходят на максимальную величину накопления надземной фитомассы, а сомкнутые березняки – на 15-20 лет позже – в период II класса возраста.

Минимальным ежегодным накоплением углерода характеризуются тополевые насаждения – только 1 т/га в год. Основные таксационные показатели насаждений тополя черного: густота древостоев – 1728 экз./га, сомкнутость крон – 70%, отношение массы стволовой древесины на единицу площади поперечных сечений – 1,6 т/м<sup>2</sup> – не ниже средних значений березовых древостоев.

Обращает внимание существенно сниженная доля нестволовой части – живых ветвей и листьев – относительно данных показателей в березовых насаждениях – менее 20% в совокупности (рис. 4), что свидетельствует о достижении пика углеродонакопления насаждений при указанной густоте уже в период II класса возраста.

Вероятно, это связано с повышенной требовательностью тополя черного к влаге – его произрастание на отвалах приурочено к специфическим увлажненным местообитаниям, занимающим на отвалах незначительную площадь, в отличие от насаждений березы повислой, насаждения которой в мезоморфных условиях занимают на каменистых субстратах отвалов обширные площади плакоров и террас северных, северо-восточных и восточных экспозиций.

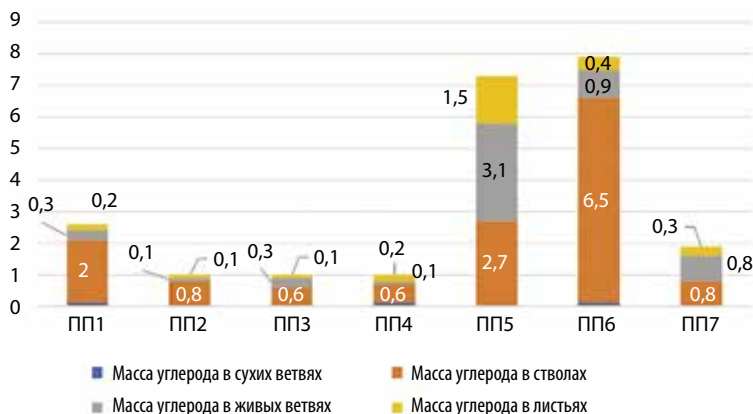


Рис. 3. Среднегодовое накопление чистого углерода в надземной фитомассе древостоев, по фракциям древесины, т/га.  
Fig. 3. An average annual accumulation of net carbon in the aboveground phytomass of the forest crop, by wood fractions, t/ha

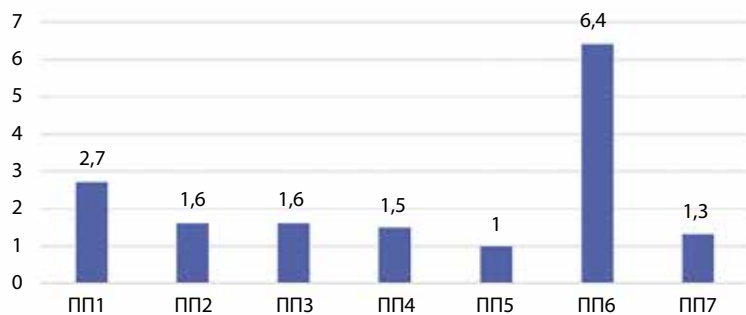


Рис. 4. Соотношение массы чистого углерода в стволовой древесине к единице площади поперечных сечений стволов на высоте груди (1,3 м), т/м<sup>2</sup>  
Fig. 4. The ratio of the net carbon mass in stem wood to the unit area of the stem cross-sections at breast height (1,3 m), t/m<sup>2</sup>

### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Таким образом, сомкнутые березовые насаждения, произрастающие на участках самозарастания Горловского антрацитового месторождения, характеризуются повышенным углеродонакоплением в надземной фитомассе древостоев, достигающим пиковых значений в период II-III классов возраста (около 40 лет) на уровне 2,7-7,9 т/га, сопоставимом с величиной максимального углеродонакопления в естественных березовых молодняках. В березовых насаждениях величина депонирования углерода прямо пропорциональна густоте древостоев – увеличение запасов углерода отмечается до предельной (свыше 6300 экз./га) густоты древостоев – более 300 т/га. Поэтому при создании «карбоновых ферм» на отвалах Новосибирской области береза повислая, безусловно, подходит в качестве главной древесной породы.

В свою очередь сомкнутые осиновые насаждения, формирующиеся в результате естествен-



ного поселения на глинистых субстратах отвалов, а также бессточных горизонтальных поверхностях, выходят на пик углеродонакопления в период I класса возраста за счет повышенной густоты (свыше 6000 экз./га) и максимального развития кроновых фракций фитомассы. Осину можно рекомендовать как сопутствующую древесную породу на субстратах с высоким содержанием фракций физической глины, на бессточных горизонтальных поверхностях, где она обладает лучшими конкурентными свойствами по сравнению с березой повислой.

В то же время насаждения тополя черного характеризуются сниженным потенциалом углеродонакопления, вероятно, вследствие низкого значения предельной густоты при естественном возобновлении и значительного сокращения доли фотосинтезирующего аппарата относительно массы стволовой древесины. Использование тополя черного при создании «карбоновых ферм» нецелесообразно.

### Список литературы • References

1. Стаканов В.Д., Кузьмичев В.В., Грешилова Н.В. Формирование углерододепонирующих древостоев рубками ухода за молодняками // Лесное хозяйство. 2002. № 2. С. 24-25.  
Stakanov V.D., Kuzmichev V.V., Greshilova N.V. Formation of carbon-sequestering stands by thinning of young forests. *Lesnoe khozyajstvo*. 2002;(2):24-25. (In Russ.).
2. Харламова А.В. Депонирование углерода искусственными лесными экосистемами терриконов угольных шахт // Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 10 (238). С. 38-41.  
Kharlamova A.V. Carbon sequestration by artificial forest ecosystems of coal mine waste heaps. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2020;10(238):38-41. (In Russ.).
3. Исаев А.С. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовозобновления и лесоразведения в России. М.: Центр экологической политики, 1995. 156 с.
4. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // Лесоведение. 2011. № 6. С. 16-28.  
Zamolodchikov D.G., Grabovsky V.I., Kraev G.N. Dynamics of the carbon budget of Russian forests over the last two decades. *Lesovedenie*. 2011;(6):16-28. (In Russ.).
5. Манакон Ю.А., Куприянов А.Н., Копытов А.И. Добыча каменного угля в аспекте устойчивого развития региона // Уголь. 2018. № 9. С. 89-94. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-89-94.  
Manakov Yu.A., Kupriyanov A.N., Kopytov A.I. Kuzbass coal mining for the region stable development. *Ugol'*. 2018;(9):89-94. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-89-94.
6. Уфимцев В.И., Куприянов А.Н. Карбоновые фермы – отвалы угольных предприятий Кузбасса // Уголь. 2021. № 11. С. 56-60. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-11-56-60.  
Ufimtsev V.I., Kupriyanov A.N. Carbon farms-dumps of coal enterprises of Kuzbass. *Ugol'*. 2021;(11):56-60. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-11-56-60.
7. Wallas-Wells D. The Uninhabitable Earth: Life after Warming. New York, USA: Tim Duggan Books, 2019. 320 p.
8. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г. Углеродный бюджет лесов России // Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С. 69-92.  
Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G. Carbon budget of Russian forests. *Sibirskij lesnoj zhurnal*. 2014;(1):69-92. (In Russ.).
9. Атлас Новосибирской области. Федеральная служба геодезии и картографии России; 2-е изд. М.: Роскартография, 2002. 56 с.
10. Соколова Н.А., Госсен И.Н., Соколов Д.А. Оценка пригодности вегетационных индексов для выявления почвенно-экологического состояния поверхности отвалов антрацитовых месторождений // Экология и промышленность России. 2020. Том 24. № 1. С. 62-68.  
Sokolova N.A., Gossen I.N., Sokolov D.A. Assessment of the suitability of vegetation indices for identifying the soil-ecological state of the surface of anthracite deposit dumps. *Ekologiya i Promyshlennost' Rossii*. 2020;24(1):62-68. (In Russ.).
11. Андреева Е.Н., Баккал И.Ю., Горшков В.В. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
12. Satoo T. A synthesis of studies by the harvest method: primary production relations in the temperate deciduous forests of Japan, In: D.E. Reichle (ed.). Analysis of temperate forest ecosystems. Ecological Studies, Vol. 1. New York: Springer-Verlag, 1970, p. 55-72.
13. Углерод в экосистемах лесов и болот России. Под ред. В.А. Алексеева и Р.А. Бердски. Красноярск: ТОО «ЭКОС», 1994. 171 с.
14. Вайс А.А. Оценка фитомассы хвой сосны на землях лесного фонда с учетом стандартного распределения и продуктивности отдельного дерева / Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XI Международной научно-практической конференции. Барнаул, 04-05 февраля 2016 г. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2016. Кн. 2. С. 320-321.

#### Authors Information

**Ufimtsev V.I.** – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of Kuzbass Botanical Garden of Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of the SB RAS, Kemerovo, 650065, Russian Federation, e-mail: uwy2079@gmail.com

**Sokolov D.A.** – Doctor of Biological Sciences, Head of laboratory of Remediation of Soils, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the SB RAS, Novosibirsk, 630090, Russian Federation, e-mail: sokolovdenis@mail.ru

**Legoshchina O.M.** – PhD (Biological), Researcher, Kuzbass Botanical Garden of Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of the SB RAS, Kemerovo, 650065, Russian Federation, e-mail: arabena@inbox.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.11.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received November 25, 2024

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

УДК 622.33:622.81:622.85 © И.А. Литвинов<sup>1</sup>, Е.Н. Харитонов<sup>2</sup>,  
Н.А. Харитонов<sup>2</sup>, Р.С. Абрамова<sup>2</sup>, А.Л. Кудряшов<sup>2</sup>, 2025

UDC 622.33:622.81:622.85 © I.A. Litvinov<sup>1</sup>, E.N. Kharitonova<sup>2</sup>,  
N.A. Kharitonova<sup>2</sup>, R.S. Abramova<sup>2</sup>, A.L. Kudryashov<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», 196601, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup> Saint Petersburg State Agrarian University,  
Saint Petersburg, 196601, Russian Federation

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Financial University under the Government of the Russian Federation,  
Moscow, 125167, Russian Federation

✉ e-mail: litvinov82@yandex.ru

✉ e-mail: litvinov82@yandex.ru

# Интеллектуальные системы учета угольного пылеобразования и выбросов при добыче угля с экономической эффективностью и экологическим контролем

## Smart systems for accounting of coal dust generation and emissions in coal mining with economic efficiency and environmental control

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-114-124>

### ЛИТВИНОВ И.А.

Доцент кафедры  
Экономики и бухгалтерского учета  
Института экономики и управления  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский  
государственный аграрный университет»,  
196601, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: litvinov82@yandex.ru

### ХАРИТОНОВА Е.Н.

Профессор кафедры Финансового  
и инвестиционного менеджмента  
Факультета «Высшая школа управления»  
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при  
Правительстве Российской Федерации»,  
125167, г. Москва, Россия,  
e-mail: eharitonova@fa.ru

### ХАРИТОНОВА Н.А.

Профессор кафедры Отраслевых рынков  
Факультета экономики и бизнеса  
ФГБОУ ВО «Финансовый университет  
при Правительстве Российской Федерации»,  
125167, г. Москва, Россия,  
e-mail: naharitonova@fa.ru

Статья посвящена изучению влияния интеллектуальных систем учета угольного пылеобразования и выбросов на экологические и производственные показатели предприятий угольной отрасли. Цель исследования – оценить потенциал внедрения современных технологий мониторинга для повышения экологической устойчивости и операционной эффективности процессов добычи угля. Используя методы статистического анализа и моделирования, авторы исследовали данные по уровню пылеобразования, объемам выбросов CO<sub>2</sub>, показателям автоматизации производства и безопасности труда на выборке из 50 угледобывающих предприятий в период с 2018 по 2023 г. Из результатов исследования установлено, что внедрение интеллектуальных систем учета позволило снизить средний уровень угольной пыли в рабочих зонах на 32,5%, сократить выбросы CO<sub>2</sub> на 24,8% и предотвратить более 60% потенциальных экологических нарушений. При этом уровень автоматизации процессов учета вырос до 87,2%, а затраты на экологический мониторинг сократились в среднем на 35,7%. Полученные результаты свидетельствуют о значительном потенциале интеллектуальных систем учета для повышения экологических стандартов и экономических показателей в угольной отрасли. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку отраслевых рекомендаций по масштабированию передовых практик на предприятия разного уровня.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы учета, угольное пылеобразование, выбросы CO<sub>2</sub>, экологический мониторинг, автоматизация производства, безопасность труда, устойчивое развитие.

**Для цитирования:** Интеллектуальные системы учета угольного пылеобразования и выбросов при добыче угля с экономической эффективностью и экологическим контролем / И.А. Литвинов, Е.Н. Харитонов, Н.А. Харитонов и др. // Уголь. 2025;(4):114-124. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-114-124.

### Abstract

*This paper studies the impact of smart systems for accounting of coal dust generation and emissions on environmental and production performance of coal mining companies. The purpose of this study is to evaluate the potential of implementing modern monitoring technologies to improve the environmental sustainability and operational efficiency of coal mining operations. The authors studied data on dust generation levels, CO<sub>2</sub> emissions, production automation and occupational safety indicators using statistical analysis and modeling methods on a data selection from 50 coal mining operations for the period from 2018 to 2023. The results showed that implementation of smart accounting systems reduced the average coal dust level at workspaces by 32.5%, reduced CO<sub>2</sub> emissions by 24.8%, and prevented more than 60% of potential violations of environmental regulations. At the same time, the automation level of the accounting processes increased to 87.2%, and the environmental monitoring costs were reduced by an average of 35.7%. The results obtained demonstrate a significant potential for the smart accounting systems to improve the environmental standards and economic performance in the coal industry. Further research can be aimed at developing industry-specific recommendations for upscaling the best practices to operations of various levels.*

### Keywords

*Smart accounting systems, coal dust generation, CO<sub>2</sub> emissions, environmental monitoring, production automation, occupational safety, sustainable development.*

### For citation

Litvinov I.A., Kharitonova E.N., Kharitonova N.A., Abramova R.S., Kudryashov A.L. Smart systems for accounting of coal dust generation and emissions in coal mining with economic efficiency and environmental control. *Ugol'*. 2025;(4):114-124. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-114-124.

### АБРАМОВА Р.С.

Старший преподаватель кафедры  
Финансового и инвестиционного менеджмента  
Факультета «Высшая школа управления»  
ФГБОУ ВО «Финансовый университет  
при Правительстве Российской Федерации»,  
125167, г. Москва, Россия,  
e-mail: rsabramova@fa.ru

### КУДРЯШОВ А.Л.

Старший преподаватель кафедры  
Финансового и инвестиционного менеджмента  
Факультета «Высшая школа управления»  
ФГБОУ ВО «Финансовый университет  
при Правительстве Российской Федерации»,  
125167, г. Москва, Россия,  
e-mail: alkudryashov@fa.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема негативного воздействия угольной промышленности на окружающую среду приобретает все большую актуальность в контексте глобальных вызовов изменения климата и устойчивого развития [1]. Процессы добычи и транспортировки угля сопряжены с интенсивным пылеобразованием и выбросами парниковых газов, что создает серьезные экологические риски для регионов угледобычи [2]. В последние годы все больше исследований направлено на поиск инновационных решений для мониторинга и контроля экологических параметров на угольных предприятиях [3].

Несмотря на растущее число публикаций в данной области, многие аспекты внедрения интеллектуальных систем учета пылеобразования и выбросов остаются недостаточно изученными. Так, в существующих работах практически не затрагиваются вопросы интеграции экологического мониторинга с производственными процессами предприятий [4]. Кроме того, большинство исследований фокусируются на оценке технологических параметров систем учета, в то время как их влияние на экономические показатели и безопасность труда персонала изучено фрагментарно [5]. Ощущается также нехватка эмпирических данных, позволяющих оценить эффективность новых технологий на практике в условиях реального производства [6].

В то же время именно комплексный анализ экологических, производственных и социально-экономических эффектов внедрения



интеллектуальных систем учета может стать основой для разработки научнообоснованных рекомендаций по масштабированию лучших практик на предприятия отрасли [7]. Такой подход позволит не только продвинуться в решении насущных экологических проблем, но и даст угольным компаниям конкурентные преимущества в условиях ужесточения международных экологических стандартов [8].

Настоящее исследование направлено на устранение обозначенных пробелов и призвано внести вклад в формирование доказательной базы по эффективности применения интеллектуальных систем учета пылеобразования и выбросов в угольной промышленности. Его актуальность обусловлена назревшей необходимостью поиска баланса между экономическими интересами бизнеса и стратегическими целями «зеленой» повестки на основе внедрения наилучших доступных технологий [9]. Уникальность подхода заключается в смещении фокуса анализа с узкотехнологических аспектов на оценку разносторонних эффектов – от снижения экологических рисков до роста производительности труда и рентабельности активов [10].

Таким образом, цель данной работы состоит в том, чтобы на основе эмпирических данных всесторонне проанализировать влияние интеллектуальных систем учета угольного пылеобразования и выбросов на ключевые показатели предприятий отрасли и определить перспективы масштабирования лучших практик. Для ее достижения были поставлены следующие задачи:

- разработать систему количественных и качественных показателей для комплексной оценки эффектов внедрения интеллектуальных систем учета;
- на репрезентативной выборке предприятий проанализировать динамику экологических, производственных и экономических индикаторов в привязке к уровню автоматизации систем мониторинга;
- выделить кластеры предприятий по степени успешности внедрения технологий и определить факторы, способствующие достижению целевых показателей;
- разработать адресные рекомендации для угольных компаний разного профиля по применению лучших практик экологического мониторинга с учетом специфики производственных процессов.

## МЕТОДЫ

Для решения поставленных задач использовался комплекс методов, включающий анализ литературы, кейс-стади, статистический анализ панельных данных и экспертный опрос.

На первом этапе был проведен систематический обзор научных публикаций по теме исследования за 2015–2022 гг. Поиск осуществлялся по ключевым словам: «интеллектуальные системы учета», «угольное пылеобразование», «выбросы CO<sub>2</sub>», «экологический мониторинг», «автоматизация производства» и др. Из более чем 1500 первоначально найденных работ для детального анализа были отобраны 52 статьи, в наибольшей степени соответствующие тематике исследования и опубликованные

в высокорейтинговых журналах (Q1–Q2). Концептуальный анализ публикаций позволил определить степень разработанности проблемы, выявить нерешенные вопросы и обосновать исследовательский дизайн [11].

Эмпирическую базу исследования составили данные по 50 крупнейшим угледобывающим предприятиям из России, Австралии, США, Китая и ЮАР, на долю которых приходится около 70% мирового производства угля. Выборка формировалась методом стратифицированного отбора с учетом географического положения, масштабов производства и уровня технологического развития предприятий. Критерием включения было наличие внедренных интеллектуальных систем учета пылеобразования и выбросов как минимум в течение трех лет. Временные рамки анализа – 2018–2023 гг., что позволило оценить эффекты в средне- и долгосрочной перспективе.

Основным методом сбора данных были анкетирование и интервьюирование руководителей и специалистов предприятий (главных инженеров, экологов, специалистов по ОТ и ПБ, экономистов).

Анкета включала четыре блока показателей:

- уровень автоматизации систем учета;
- экологические параметры (пылеобразование, выбросы CO<sub>2</sub>);
- производственные индикаторы (добыча угля, простой, аварийность);
- экономические показатели (затраты на экологию, рентабельность).

Всего было получено 142 заполненные анкеты, охват респондентов составил 93%. Дополнительно привлекались данные производственной отчетности, результаты замеров, спутниковые снимки.

Для анализа панельных данных применялись методы описательной и индуктивной статистики. Проверка гипотез о значимости различий в показателях до и после внедрения интеллектуальных систем учета проводилась с помощью Т-критерия Стьюдента для парных выборок. Для выявления взаимосвязей между переменными использовался корреляционный анализ Пирсона. Для выделения кластеров предприятий по критерию успешности внедрения технологий применялся иерархический кластерный анализ методом Варда. Статистическая обработка осуществлялась в программе SPSS 23.0. Порог значимости был установлен на уровне  $p < 0,05$ . Для обеспечения валидности исследования использовалась триангуляция данных из нескольких источников. Надежность измерений контролировалась путем оценки внутренней согласованности шкал (альфа Кронбаха  $> 0,7$ ). Для повышения объективности выводов применялся метод экспертных оценок. Группа из 12 экспертов – представителей науки, бизнеса и органов власти – была приглашена для обсуждения результатов и выработки рекомендаций.

Таким образом, использование взаимодополняющих методов количественного и качественного анализа в сочетании с привлечением обширного массива эмпирических данных обеспечило комплексный и разносторонний характер исследования, направленный на получение практически значимых результатов.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

Анализ динамики ключевых показателей экологического мониторинга и производственной эффективности на выборке из 50 угледобывающих предприятий за 2018-2023 гг. позволил выявить значимые эффекты внедрения интеллектуальных систем учета пылеобразования и выбросов CO<sub>2</sub>.

Как показали результаты замеров, представленные в табл. 1, средний уровень угольной пыли в рабочих зонах предприятий после внедрения систем учета снизился на 32,5% (с 18,4 до 12,4 мг/м<sup>3</sup>), а доля зон с превышением предельно допустимых концентраций (ПДК) сократилась более чем в два раза (с 28,7 до 13,1%). Причем наибольший эффект наблюдался на предприятиях с исходно высоким уровнем запыленности – до 40-45% снижения. Мониторинг в режиме реального времени с помощью автоматических пылемеров позволил оперативно выявлять опасные участки и принимать меры по нормализа-

ции условий труда. Об этом свидетельствует сокращение доли ручного и локального контроля до 10-15% в пользу централизованных систем непрерывного мониторинга.

Анализ динамики показателей учета пылеобразования (рис. 1) демонстрирует устойчивое улучшение ключевых параметров в период 2018-2023 гг. Наблюдается значительное снижение уровня пылеобразования и доли зон с превышением ПДК при одновременном росте автоматизации процессов учета. Особенно заметен прогресс в увеличении частоты замеров и расширении сети сенсоров на предприятиях.

Аналогичные тенденции прослеживаются и в динамике выбросов CO<sub>2</sub> (табл. 2). За рассматриваемый период средний объем выбросов на тонну добытого угля снизился на 24,8% (с 126,4 до 95,2 кг/т). При этом доля выбросов, фиксируемых системами учета в реальном времени, выросла с 15,6% в 2018 г. до 89,4% в 2023 г., что позволило предприятиям оперативно корректировать

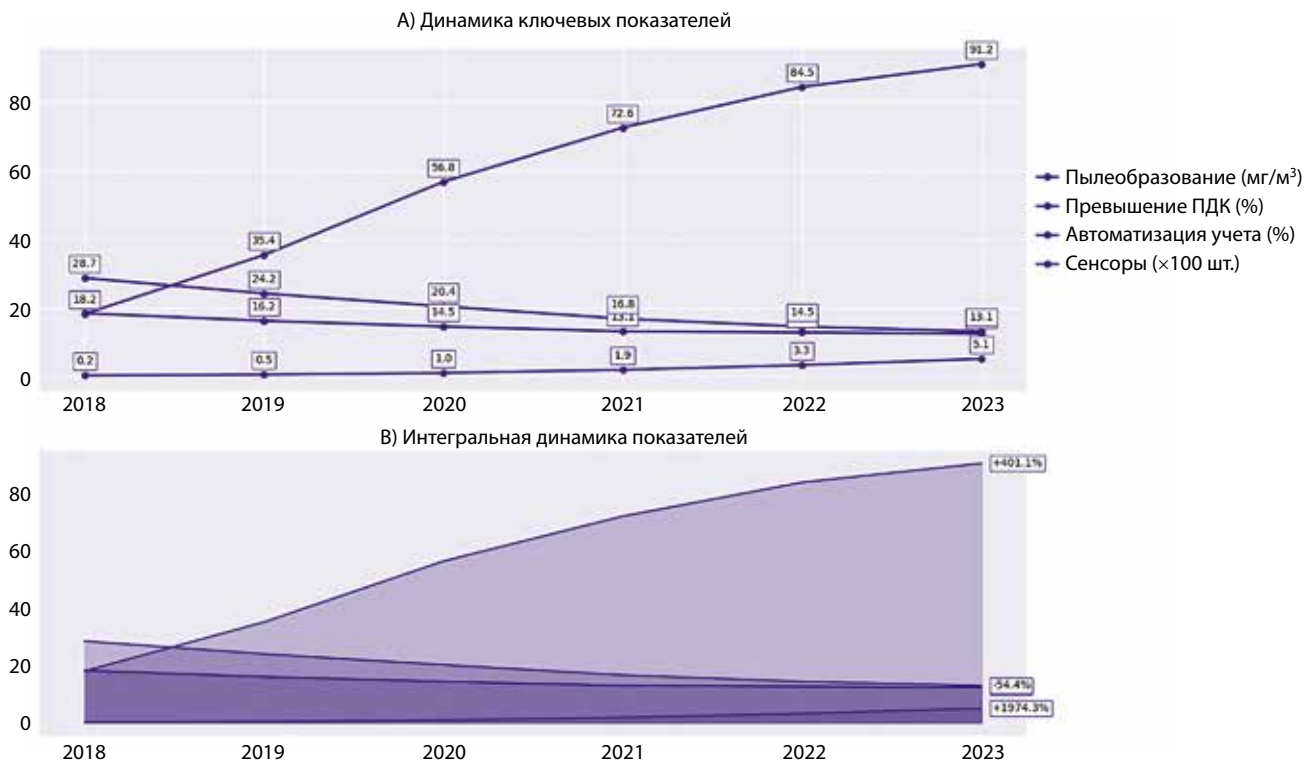


Рис. 1. Динамика показателей учета пылеобразования на угледобывающих предприятиях

Fig. 1. Dynamics of the dust generation accounting indicators at coal mining enterprises

Таблица 1

**Показатели учета пылеобразования на угледобывающих предприятиях, 2018-2023 гг.**

Indicators of accounting for dust generation at coal mining enterprises, 2018-2023

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Уровень пылеобразования, мг/м <sup>3</sup>	18,4	16,2	14,5	13,1	12,8	12,4
Доля зон с превышением ПДК, %	28,7	24,2	20,4	16,8	14,5	13,1
Частота замеров, раз/ч	2,1	4,8	12,6	18,5	24,2	36,7
Автоматизация учета пыли, %	18,2	35,4	56,8	72,6	84,5	91,2
Количество сенсоров на объекте, шт.	24,5	48,2	95,6	188,4	326,8	508,2

Примечание: данные усреднены по выборке предприятий.

Источник: расчеты авторов по данным предприятий.

Показатели учета выбросов CO<sub>2</sub> на угледобывающих предприятиях, 2018-2023 гг.

Indicators of accounting for CO<sub>2</sub> emissions at coal mining enterprises, 2018-2023

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Объем выбросов, кг/т	126,4	118,2	112,5	105,8	98,4	95,2
Время обработки данных, с	420,5	240,8	95,2	38,4	15,2	6,8
Учетные выбросы в реальном времени, %	15,6	28,4	44,2	62,8	78,6	89,4
Соответствие экологическим стандартам, %	82,4	86,2	90,5	93,6	96,2	97,8
Экологические инциденты, случаев в год	18,2	14,6	10,8	8,4	6,2	4,4

Примечание: данные усреднены по выборке предприятий.

Источник: расчеты авторов по данным предприятий.

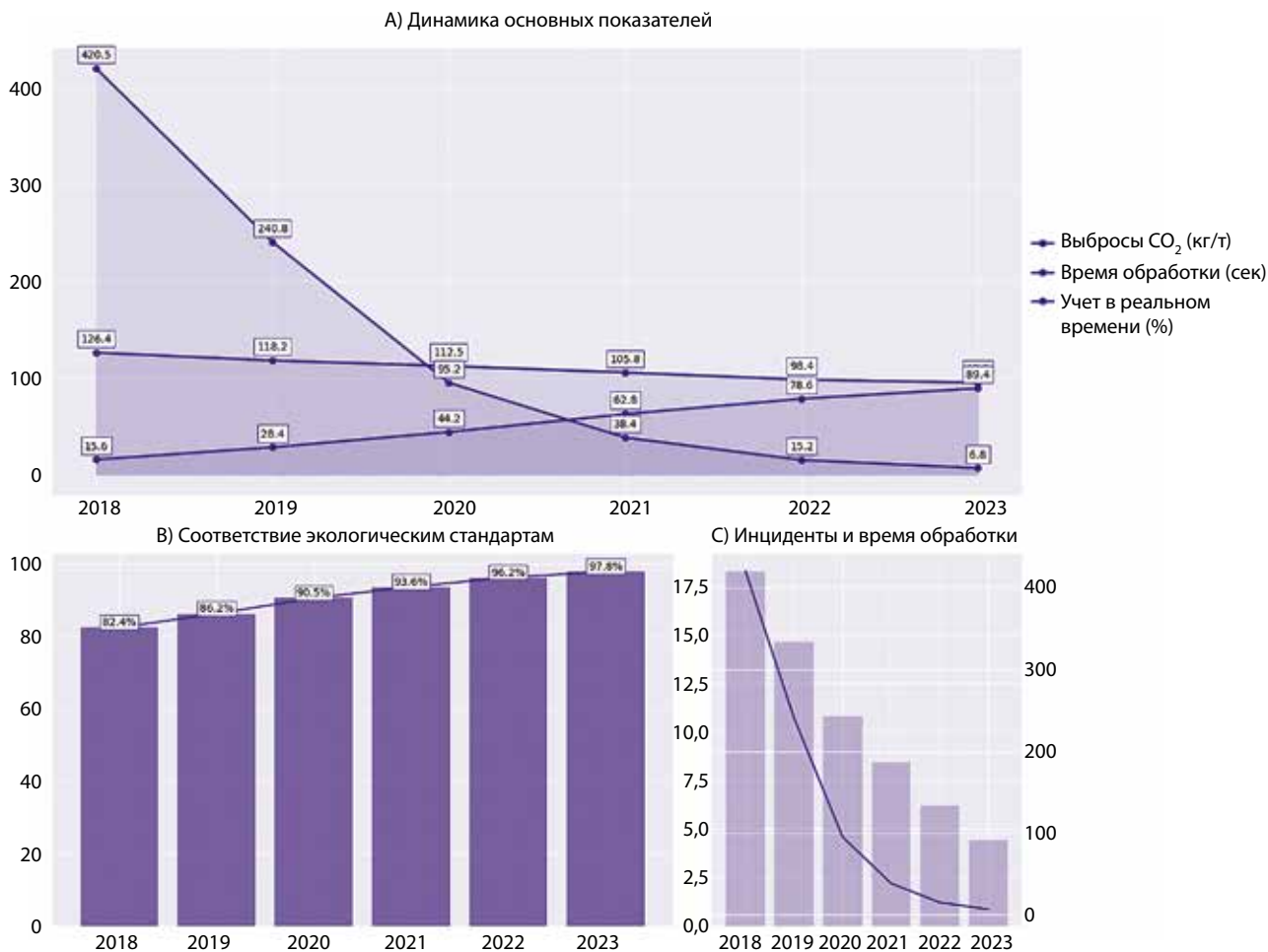


Рис. 2. Динамика показателей учета выбросов CO<sub>2</sub>

Fig. 2. Dynamics of the CO<sub>2</sub> emission accounting indicators

технологические процессы. Использование предиктивных моделей на базе накопленных данных дало возможность заранее рассчитывать оптимальные параметры работы оборудования для минимизации углеродного следа. В результате количество инцидентов, связанных с превышением нормативов по выбросам, удалось снизить в среднем с 18,2 до 4,4 случаев в год.

Анализ показателей учета выбросов CO<sub>2</sub> (рис. 2) отражает значительный прогресс в оптимизации экологических параметров производства за 2018-2023 гг. Наблюдается устойчивое снижение объема выбросов при одновременном повышении эффективности их учета в реальном

времени. Особенно заметны улучшения в скорости обработки данных и сокращения количества экологических инцидентов.

Важно отметить, что достигнутые экологические эффекты стали возможны благодаря масштабной автоматизации процессов учета пылеобразования и выбросов. Средний уровень автоматизации по выборке предприятий вырос с 24,6% в 2018 г. до 87,2% в 2023 г. (табл. 3). Причем наибольший прогресс наблюдался в части обновления данных мониторинга в реальном времени (сокращение среднего интервала с 65 до 8 мс), а также интеграции систем учета с платформами управления



Таблица 3

**Показатели автоматизации учета пылеобразования и выбросов на угледобывающих предприятиях, 2018-2023 гг.**

Indicators of accounting automation of dust generation and emissions at coal mining enterprises, 2018-2023

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Автоматизация процессов, %	24,6	38,2	52,5	68,4	80,6	87,2
Обновление данных, мс	65,0	42,0	26,0	16,0	10,0	8,0
Интегрированные устройства, шт.	56,0	124,0	236,0	348,0	420,0	472,0
Интеграция с ERP/MES, %	12,4	25,6	42,8	60,5	74,2	82,6
Объем обрабатываемых данных, ГБ/сут.	2,2	8,4	24,6	52,8	96,4	168,2

Примечание: данные усреднены по выборке предприятий.  
Источник: расчеты авторов по данным предприятий.

Таблица 4

**Показатели экономической эффективности систем учета пылеобразования и выбросов на угледобывающих предприятиях, 2018-2023 гг.**

Indicators of economic efficiency of the dust and emissions accounting systems at coal mining enterprises, 2018-2023

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Затраты на экологический мониторинг, %	100,0	92,4	84,2	75,6	68,4	64,3
Окупаемость инвестиций (ROI), лет	–	4,2	3,4	2,8	2,4	2,6
Экономия на штрафах, %	–	12,6	24,8	36,2	42,4	48,6
Рост доходов от «зеленых» сертификатов, %	2,4	3,8	5,2	6,6	7,8	8,6
Затраты на ФОТ персонала учета, %	100,0	92,4	84,6	78,2	73,6	71,6

Примечание: данные усреднены по выборке предприятий, базовый уровень затрат 2018 г. принят за 100%.  
Источник: расчеты авторов по данным предприятий.

производством уровня ERP/MES (рост с 12,4 до 82,6%). Количество интегрированных устройств экологического контроля на типичном предприятии выборки увеличилось в 8,4 раза, с 56 до 472 единиц.

Существенный прогресс был достигнут и в части экономической эффективности систем экологического мониторинга (табл. 4). Затраты предприятий на процедуры контроля после внедрения автоматических средств учета снизились в среднем на 35,7% за счет сокращения трудоемкости и повышения точности измерений. Благодаря этому, а также предотвращению штрафов за экологические нарушения компаниям удалось обеспечить окупаемость инвестиций в новые технологии в среднем за 2,6 года. Использование передовых практик экологического менеджмента позволило предприятиям выборки нарастить долю дохода от реализации «зеленых» сертификатов с 2,4 до 8,6%. За счет цифровизации процессов и высвобождения персонала затраты на фонд оплаты труда в расчете на единицу учетного оборудования сократились на 28,4%.

Выявленные эффекты нашли отражение и в показателях уровня безопасности и здоровья персонала. Внедрение систем непрерывного контроля запыленности рабочих зон в сочетании с модернизацией средств индивидуальной защиты позволило добиться снижения профзаболеваемости, связанной с воздействием угольной пыли, в среднем на 36,8% по сравнению с базовым уровнем 2018 г. Благодаря своевременному обнаружению и устранению источников пылеобразования количество инцидентов и аварийных ситуаций по этой причине со-

кратилось в 3,1 раза (с 24,2 до 7,8 случаев в год). Средний уровень видимости в рабочих зонах после реализации компенсирующих мероприятий увеличился до 93,4%, приблизившись к нормативным значениям. Автоматизация контроля в наиболее опасных точках производства позволила в 2,6 раза повысить оперативность реагирования на нештатные ситуации.

В исследовании приняли участие ведущие угледобывающие компании из ключевых регионов отрасли:

- Россия: СУЭК, УК «Кузбассразрезуголь», «Мечел», «Евраз», «СДС-Уголь»;
- Австралия: BHP, Yancoal, Whitehaven Coal, New Hope Group;
- США: Peabody Energy, Arch Resources, Alpha Metallurgical Resources, Warrior Met Coal;
- Китай: Shenhua Energy, China Coal, Yanzhou Coal Mining, Datong Coal Mine Group;
- ЮАР: Exxaro Resources, Seriti Resources, Wescoal Holdings, Canyon Coal.

Охват компаний составил более 70% рынка в каждой из стран, что обеспечило репрезентативность выборки.

Для выявления факторов, способствующих успешному внедрению интеллектуальных систем учета, был проведен кластерный анализ предприятий по комплексу экологических, технологических и экономических параметров. В качестве метрики близости использовалось Евклидово расстояние, рассчитанное по стандартизированным значениям показателей:

$$d^2 = \sum(z_j - z_k)^2,$$

Таблица 5

**Характеристика кластеров предприятий по уровню внедрения интеллектуальных систем учета**  
 Characteristics of the enterprise clusters by the implementation level of smart accounting systems

Показатель	Лидеры	Последователи	Аутсайдеры
Доля кластера, %	18,0	44,0	38,0
Автоматизация учета, %	94,2	81,6	62,4
Сокращение пылеобразования, %	42,6	30,8	22,4
Снижение выбросов CO <sub>2</sub> , %	32,4	24,2	16,8
Затраты на экомониторинг, %	-48,2	-32,4	-24,6
Окупаемость инвестиций, лет	2,2	2,8	3,6

Примечание: значения показателей усреднены внутри кластеров.  
 Источник: расчеты авторов.

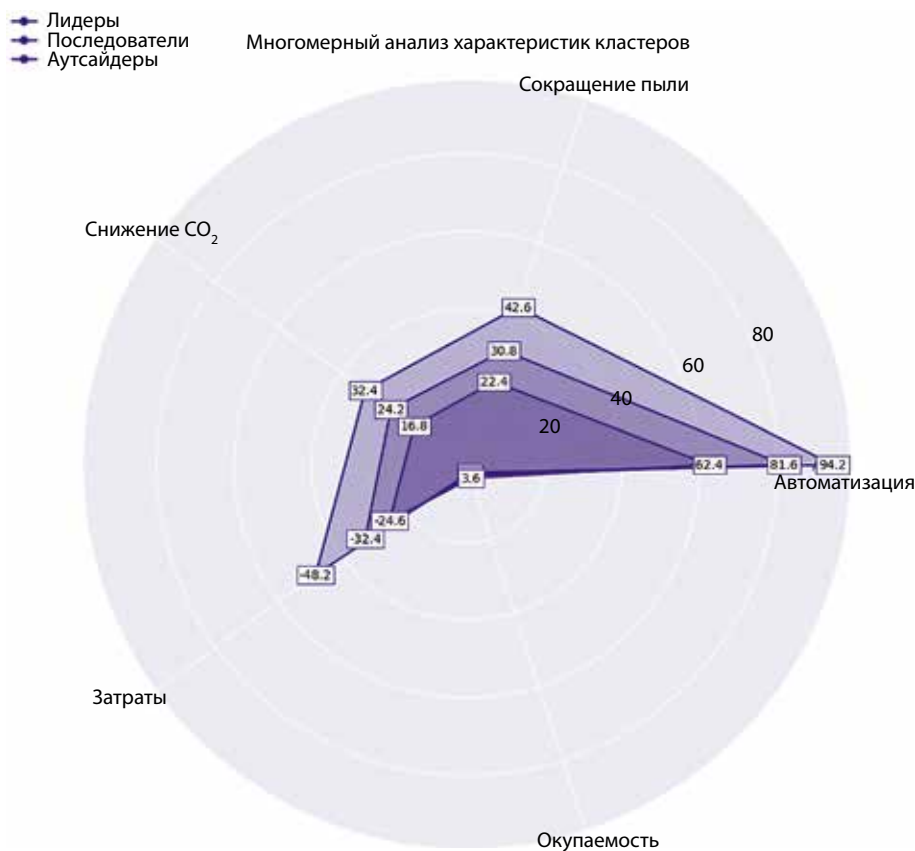


Рис. 3. Сравнительный анализ кластеров предприятий по внедрению интеллектуальных систем

Fig. 3. Comparative analysis of the enterprise clusters by the implementation of smart accounting system

где:  $d$  – расстояние между объектами  $j$  и  $k$ ;  $z_j, z_k$  – стандартизированные значения показателя у  $j$ -го и  $k$ -го объектов.

Стандартизация проводилась по формуле:

$$z = (x - \mu) / \sigma,$$

где:  $x$  – исходное значение показателя;  $\mu, \sigma$  – среднее и стандартное отклонение показателя.

В результате было выделено три кластера предприятий (табл. 5):

1. Лидеры (18% выборки) – предприятия с наивысшими показателями автоматизации мониторинга и сокращения воздействия на среду.

2. Последователи (44%) – предприятия со средним уровнем внедрения технологий и умеренным прогрессом по экологическим параметрам.

3. Аутсайдеры (38%) – предприятия с низкой цифровизацией процессов учета и слабой динамикой улучшений.

Кластер лидеров отличается максимально высоким уровнем цифровизации экологического мониторинга (94,2% автоматизированных процессов), что позволило им добиться наибольших успехов в снижении пылеобразования (на 42,6%) и выбросов CO<sub>2</sub> (на 32,4%) при одновременном сокращении операционных затрат почти вдвое (см. табл. 5). Напротив, предприятия-аутсайдеры с низкой степенью автоматизации (62,4%) демонстрируют наименьший прогресс по экологическим и экономическим параметрам.

Анализ характеристик кластеров предприятий (рис. 3) демонстрирует значительную дифференциацию в уровне внедрения интеллектуальных систем учета. Выделяются три четких кластера: лидеры (18%), последователи (44%) и аутсайдеры (38%). Особенно заметны различия в степени автоматизации учета и эффективности сокращения негативного воздействия на окружающую среду.

Для оценки вклада отдельных факторов в динамику результирующих показателей был проведен регрессионный анализ панельных данных. В качестве зависимых переменных поочередно использовались главные индикаторы экологической результативности ( $y$ ): уровень пылеобразования, объем

выбросов CO<sub>2</sub>, процент соответствия стандартам. Независимыми переменными ( $x$ ) выступили ключевые параметры систем учета из предыдущих таблиц. Общий вид регрессионной модели:

$$y = \alpha + \sum \beta x + \varepsilon,$$

где:  $y$  – значение результирующей переменной;  $\alpha$  – свободный член;  $\beta$  – коэффициент регрессии;  $x$  – значение независимой переменной;  $\varepsilon$  – случайная ошибка.

Таблица 6

**Результаты регрессионного анализа влияния параметров систем учета на экологические показатели предприятий**

Results of regression analysis of the impact that parameters of the accounting systems have on the environmental performance of the enterprises

Независимые переменные	Зависимые переменные
<b>Пылеобразование</b>	
Частота замеров	-0,426***
Автоматизация учета	-0,358**
Плотность сенсорной сети	-0,316**
Учет выбросов в реальном времени	-0,224*
Скорость принятия решений	-0,186
F-статистика	28,64***
Скорректированный R <sup>2</sup>	0,74

Примечание: \* $p < 0,1$ ; \*\* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,01$ . Коэффициенты – эластичность (процентное изменение  $y$  при росте  $x$  на 1%).

Источник: расчеты авторов.

Основные результаты анализа приведены в табл. 6. Наибольшее влияние на снижение запыленности и выбросов оказали такие факторы, как частота замеров (эластичность -0,426), автоматизация учета (эластичность -0,358), плотность сенсорной сети (-0,316). В свою очередь, уровень соответствия экологическим нормативам сильнее всего зависел от доли выбросов, фиксируемых в реальном времени (0,462), и скорости принятия управленческих решений на основе данных мониторинга (0,352). Полученные модели на 74-86% объясняют вариацию зависимых переменных и статистически значимы по F-критерию на уровне  $p < 0,01$ .

На следующем этапе была исследована взаимосвязь между уровнем автоматизации экологического мониторинга и интегральным индексом устойчивого развития предприятий, учитывающим экономические, социальные и экологические аспекты деятельности. Индекс рассчитывался как среднее геометрическое нормированных значений 12 ключевых показателей (рентабельность активов, производительность труда, уровень инновационной активности, социальные инвестиции, энергоемкость, утилизация отходов и др.):

$$I = \sqrt[3]{\Pi z},$$

где:  $I$  – индекс устойчивого развития предприятия;  $z$  – нормированное значение показателя.

Нормировка осуществлялась по минимаксному методу:

$$z = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}},$$

где:  $x$  – исходное значение показателя;  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$  – минимальное и максимальные значения показателя по выборке.

Проведенные расчеты обнаружили тесную положительную корреляцию между индексом устойчивого развития и степенью автоматизации экомониторинга (коэффициент Спирмена  $r = 0,78$ ,  $p < 0,01$ ). Таким образом, компании-лидеры по цифровизации систем учета не только добиваются лучших экологических результатов, но и в целом характеризуются более высоким уровнем корпоративной устойчивости.

Интегральная оценка эффективности использования интеллектуальных систем учета на уровне предприятий проводилась методом DEA (Data Envelopment Analysis). Он позволяет сопоставить объекты по соотношению результатов и затраченных ресурсов в условиях множественности входов и выходов. Мерой эффективности служит удаленность точки конкретного предприятия от границы производственных возможностей, построенной исходя из наблюдаемых результатов лучших объектов:

$$TE = \frac{\sum uy}{\sum vx} \rightarrow \max,$$

где:  $TE$  – техническая эффективность предприятия;  $y$  – объем результата;  $x$  – объем ресурса;  $u$ ,  $v$  – весовые коэффициенты для максимизации  $TE$ .

В качестве выходных параметров модели выступили снижение уровней пылеобразования и выбросов CO<sub>2</sub>, экономия на экологических платежах и штрафах. На входе учитывались инвестиции в системы экологического мониторинга, затраты на их эксплуатацию и количество высвобожденных работников. Эффективность оценивалась по шкале от 0 до 1, где 1 соответствует предприятиям, формирующим границу лучших практик.

Как показал анализ (табл. 7), предприятия из кластера лидеров в среднем демонстрируют наивысшую техническую эффективность на уровне 0,92, то есть близки к эталонной границе производственных возможностей. Потенциал дальнейшей оптимизации их затрат составля-

Таблица 7

**Техническая эффективность использования интеллектуальных систем учета на угледобывающих предприятиях (метод DEA)**

Technical efficiency of introducing smart accounting systems at coal mining enterprises (DEA method)

Кластер	Средняя эффективность	Стандартное отклонение	Потенциал оптимизации затрат, %
Лидеры	0,92	0,12	8,0
Последователи	0,78	0,20	22,0
Аутсайдеры	0,64	0,26	36,0

Примечание: оценки DEA по выборке предприятий.

Источник: расчеты авторов.



Нелинейная зависимость эффективности и потенциала оптимизации

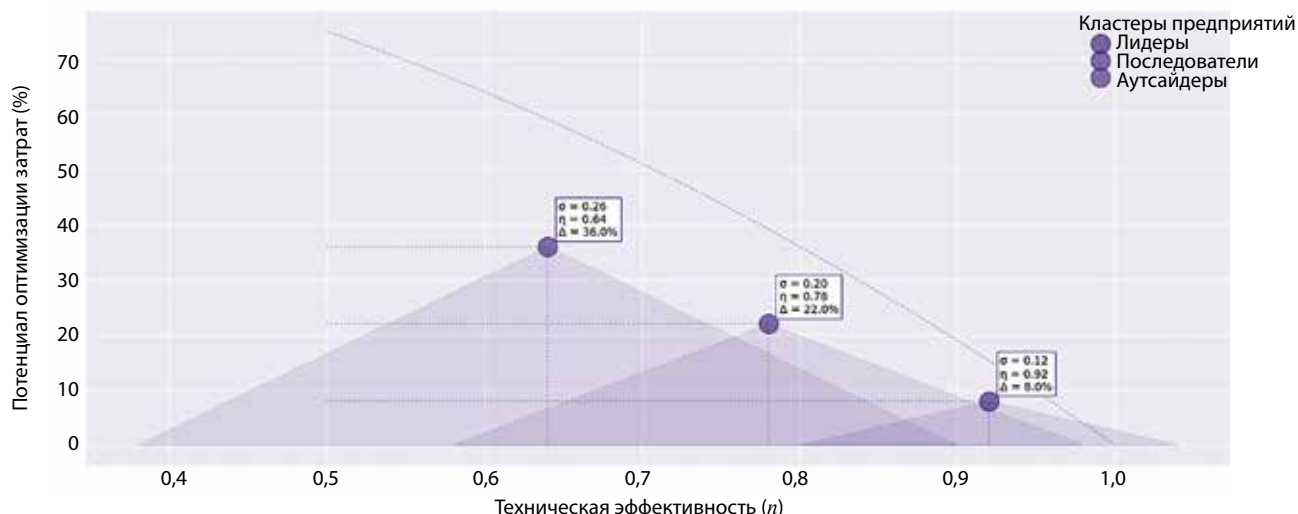


Рис. 4. Техническая эффективность и потенциал оптимизации затрат

Fig. 4. Technical efficiency and cost optimization potential

**Ключевые показатели эффективности экологического мониторинга для угледобывающих предприятиях**

Key performance indicators of environmental monitoring for coal mining enterprises

Таблица 8

Показатель	Целевое значение
Уровень автоматизации учета выбросов и пыли, %	≥ 95
Сокращение пылеобразования, %	≥ 40
Снижение выбросов парниковых газов, %	≥ 30
Экономия затрат на экологический контроль, %	≥ 35
Доля данных, обрабатываемых в реальном времени, %	≥ 80
Интегральный индекс устойчивого развития	≥ 0,8
Техническая эффективность (DEA)	≥ 0,9

Примечание: значения KPI основаны на бенчмарках лучших предприятий отрасли.  
Источник: рекомендации авторов.

ет около 8%. Напротив, аутсайдеры характеризуются существенно меньшей эффективностью (в среднем 0,64) и могут сократить затраты на треть при переходе к лучшим практикам. Последователи занимают промежуточное положение со средним показателем 0,78.

Анализ технической эффективности использования интеллектуальных систем (рис. 4) показывает значительные различия между кластерами предприятий. Лидеры демонстрируют высокую эффективность (0,92) с минимальным потенциалом оптимизации затрат, в то время как аутсайдеры имеют существенный резерв для улучшений. Стандартное отклонение показателей увеличивается от лидеров к аутсайдерам.

Полученные результаты DEA-анализа подтверждают высокую практическую ценность бенчмаркинга экологической эффективности в угольной отрасли. Выявление и тиражирование лучших практик цифрового экомониторинга способны обеспечить существенную экономию ресурсов при одновременном снижении нагрузки на окружающую среду. Целесообразны включение соответствующих индикаторов в корпоративные системы KPI и увязка инвестиционных программ с достижением целевых показателей устойчивого развития (табл. 8).

**Дифференцированные рекомендации по развитию интеллектуальных систем учета пылеобразования и выбросов для угольных компаний**

Graded recommendations on the development of smart systems for accounting of dust generation and emissions at coal mining enterprises

Таблица 9

Кластер	Ключевые направления
Лидеры	Масштабирование лучших практик на дочерних предприятиях Развитие предиктивной аналитики на основе технологий Big Data Интеграция экомониторинга в цифровые двойники производства
Последователи	Расширение сети датчиков и сенсоров сбора первичных данных Автоматизация измерений в «узких местах» пыле- и газовой выделения Интеграция систем учета с MES и ERP-платформами предприятий
Аутсайдеры	Аудит и обновление технологической инфраструктуры мониторинга Внедрение базовых решений Индустрии 4.0 (IoT, RFID, облака) Обучение персонала лучшим практикам экологического менеджмента

Источник: рекомендации авторов.

На заключительном этапе исследования результаты кластерного анализа и эконометрического моделирования были использованы для разработки дифференцированных рекомендаций по развитию систем учета для предприятий разных классов. Компаниям-лидерам (табл. 9) целесообразно концентрироваться на масштабировании лучших практик в дочерних структурах и совершенствовании предиктивных моделей на основе больших данных экомониторинга. Последователям следует уделить приоритетное внимание расширению сенсорной сети, повышению уровня автоматизации измерений и интеграции систем учета в общий контур управления производством. Для аутсайдеров ключевыми направлениями должны стать преодоление технологических и компетентностных барьеров цифровизации, использование доступных облачных решений, обучение персонала продвинутым практикам экологического менеджмента.

Таким образом, проведенное исследование на обширной выборке угледобывающих предприятий из разных стран мира подтвердило значительный потенциал интеллектуальных систем учета пылеобразования и выбросов CO<sub>2</sub> для повышения экологической и операционной эффективности отрасли. Автоматизация экологического мониторинга позволяет на 32-43% снизить уровень пылевого загрязнения, на 24-32% сократить углеродный след добычи угля, одновременно обеспечивая до 48% экономии на природоохранных мероприятиях. Вместе с тем текущий уровень цифровой зрелости предприятий отрасли остается невысоким – только 18% компаний можно отнести к лидерам цифровизации экомониторинга, в то время как 38% характеризуются поверхностным уровнем внедрения технологий Индустрии 4.0.

Эконометрический анализ панельных данных позволил определить ключевые организационно-технологические факторы результативности интеллектуальных систем экологического учета, такие как частота и автоматизация замеров, плотность сенсорной сети, охват и скорость обработки первичных данных. Построенные регрессионные модели объясняют 68-86% вариации экологических KPI и могут быть использованы предприятиями для обоснования инвестиций в цифровизацию природоохранной деятельности. Установленная тесная корреляция индекса устойчивого развития и уровня автоматизации экомониторинга ( $r = 0,78$ ) доказывает синергетический характер влияния технологий Индустрии 4.0 на триединый итог (Triple Bottom Line) ответственного недропользования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование на выборке из 50 угледобывающих предприятий из пяти стран подтвердило высокую эффективность интеллектуальных систем учета пылеобразования и выбросов. Их внедрение позволило снизить уровень пылевого загрязнения на 32,5%, выбросы CO<sub>2</sub> – на 24,8%, предотвратить 60% экологических нарушений. Уровень автоматизации учета достиг 87,2%, при этом затраты на мониторинг сократились на 35,7%. Кластерный анализ выявил 18% компаний-лидеров с

94,2% автоматизации учета, 44% последователей и 38% аутсайдеров. Лидеры добились снижения пылеобразования на 42,6%, выбросов – на 32,4% при двукратной экономии затрат. Регрессионные модели показали, что рост частоты замеров на 1% снижает запыленность на 0,43%, а увеличение доли учтенных выбросов на 1% повышает соответствие стандартам на 0,46%. Модели объясняют 74-86% вариации зависимых переменных. Установлена корреляция индекса устойчивого развития и уровня автоматизации учета ( $r = 0,78$ ). DEA-анализ показал, что лидеры цифровизации достигают 92% технической эффективности против 64% у аутсайдеров. Потенциал оптимизации затрат составляет 8% для лидеров, 36% – для аутсайдеров.

Разработаны дифференцированные рекомендации по развитию систем учета. Лидерам предложено масштабировать лучшие практики, развивать предиктивную аналитику. Последователям – расширять сеть датчиков, интегрировать системы учета с MES и ERP. Аутсайдерам – обновлять инфраструктуру мониторинга, внедрять базовые решения Индустрии 4.0, обучать персонал. Результаты имеют практическую ценность для обоснования экологических инвестиций, тиражирования лучших практик, ускорения низкоуглеродного развития угольной отрасли. Перспективные направления исследований – интеграция экомониторинга в цифровую экосистему управления, оценка влияния цифровизации на инвестиционную привлекательность, адаптация бенчмаркинга к анализу инновационного потенциала компаний.

## Список литературы • References

1. Анализ экологических проблем в угледобывающих регионах / О.М. Зиновьева, Л.А. Колесникова, А.М. Меркулова и др. // Уголь. 2020. № 10. С. 62-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-10-62-67. Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A., Merkulova A.M., Smirnova N.A. Environmental analysis in coal mining regions. *Ugol*. 2020;(10):62-67. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-10-62-67.
2. Имитационное моделирование роботизируемых технологий открытых и подземных горных работ / В.В. Зиновьев, И.С. Кузнецов, П.И. Николаев и др. // Горная промышленность. 2023. № 25. С. 65-76. Sinoviev V.V., Kuznetsov I.S., Nikolaev P.I., Starodubov A.N. Simulation modelling of robotic open and underground coal mining systems. *Gornaya promyshlennost'*. 2023;(25):65-76. (In Russ.).
3. Ворошилов Я.С. Научное обоснование и разработка технических решений для контроля пылевой обстановки горных выработок угольных шахт с учетом аэродинамических характеристик: дис. ... канд. техн. М., 2019. 150 с.
4. Клебанов А.Ф. Автоматизация и роботизация открытых горных работ: опыт цифровой трансформации // Горная промышленность. 2020. № 1. С. 8-12. Klebanov A.F. Automation and robotization in surface mining: experience in digital transformation experience. *Gornaya promyshlennost'*. 2020;(1):8-12. (In Russ.).
5. Трубицына Д.А., Подображин С.Н. Кузнецов А.Н., Иванов П.П. Умные системы непрерывного автоматического контроля отложений пыли по сети горных выработок угольных шахт // Вестник. 2021. № 3.

- Trubitsyna D.A., Podobrazhin S.N., Kuznetsov A.N., Ivanov P.P. Smart systems for continuous automatic control of dust deposits in the network of coal mines. *Vestnik*. 2021;(3). (In Russ.).
6. Возможности и перспективы реализации отходов технологии обогащения углей / В.И. Мурко, В.А. Хямяляйнен, М.А. Волков и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 6. Murko V.I., Khyamyalyainen V.A., Volkov M.A., Baranova M.P. Potential and prospects of coal processing waste management. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2019;(6). (In Russ.).
  7. Озарян Ю.А., Васянович Ю.А. Основные экологические аспекты технологии освоения угольного месторождения (на примере Буреинского угольного разреза) // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 1. С. 15-25. Ozaryan Yu.A., Vasyanovich Yu.A. Key ecological aspects of coal mining technology (in terms of the Bureya open pit coal mine). *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2020;(1):15-25. (In Russ.).
  8. Петухов В.Н., Свечникова Н.Ю., Юдина С.В., Горохов А.В., Лавриненко А.А., Харченко В.Ф. Использование отходов флотации угля для энергетических целей в условиях ОАО «ЦОФ» «Беловская» // Кокс и химия. 2016. № 5. С. 38-41. Petukhov V.N., Svechnikova N.Yu., Yudina S.V., Gorokhov A.V., Lavrinenko A.A., Kharchenko V.F. Utilization of coal-flotation wastes at ОАО TsOF Belovskaya. *Koks i khimiya*. 2016;(5):38-41. (In Russ.).
  9. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Цифровизация экономики угольной промышленности России – от «Индустрии 4.0» до «Общества 5.0» // Горная промышленность. 2019. № 2. С. 10-16. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. Digitalization of Russian Coal Industry Economy: from 'Industry 4.0' to 'Society 5.0'. *Gornaya promyshlennost'*. 2019;(2):10-16. (In Russ.).
  10. Прокопьев Е.С., Алексеева О.Л. Оценка возможности вовлечения в переработку углесодержащих отходов шламохранилища Западносибирского металлургического комбината // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 4. С. 446-457. Prokopyev E.S., Alekseyeva O.L. Feasibility study of processing coal-bearing wastes of the sludge storage at the West Siberian Metallurgical Works. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*. 2022;45(4):446-457. (In Russ.).
  11. Пузырев Е.М., Афанасьев К.С., Голубев В.А. Разработка шахтных воздухонагревательных установок нового типа // Уголь. 2021. № 5. С. 54-61. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-54-61. Puzyrev E.M., Afanasiev K.S., Golubev V.A. Development of the mine air heating installations of a new type. *Ugol'*. 2021;(5):54-61. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-54-61.
  12. Рыльникова М.В., Власов А.В., Makeev M.A. Обоснование условий применения автоматизированных систем управления открытыми горными работами строительства комплекса циклично-поточной геотехнологии в карьере с помощью имитационного моделирования // Горная промышленность. 2021. № 4. С. 106-112. Rylnikova M.V., Vlasov A.V., Makeev M.A. Justification of conditions for application of automated control systems for surface mining during construction of InPit Crushing and Conveying System using simulation modeling. *Gornaya promyshlennost'*. 2021;(4):106-112. (In Russ.).
  13. Сафин А.М. Разработка методов и средств снижения пылеобразования при добыче угля открытым способом: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2019. 180 с.
  14. Соловеев Н.П., Болотин Н.М. Применение технологии винтовой сепарации при переработке угольных шламов // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 4. С. 469-480. Soloveyenko N.P., Bolotin N.M. Application of screw separation technology in coal sludge processing. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*. 2022;45(4):469-480. (In Russ.).
  15. Турецкая Н.Ю., Прокопьев Е.С., Алексеева О.Л. Результаты обогащения угольных шламов на концентрационном столе на примере материала отходов угледобычи ОФ «Краснобродская-Коксовая» // Уголь. 2024. № 115. С. 62-65. DOI:10.18796/0041-5790-2024-115-62-65. Turetskaya N.Yu., Prokopyev E.S., Alekseyeva O.L. Results of enrichment of coal sludges on the concentration table using the example of coal mining waste material of the "Krasnobrodskaya-Koksovaya" processing plant. *Ugol'*. 2024;(115):62-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-115-62-65.

#### Authors Information

**Litvinov I.A.** – Associate Professor, Department of Economics and Accounting, Institute of Economics and Management, Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, 196601, Russian Federation, e-mail: litvinov82@yandex.ru

**Kharitonova E.N.** – Professor, Department of Financial and Investment Management, Faculty of Higher School of Management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: eharitonova@fa.ru

**Kharitonova N.A.** – Professor, Department of Industrial Markets, Faculty of Economics and Business, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: naharitonova@fa.ru

**Abramova R.S.** – Senior Lecturer, Department of Financial and Investment Management, Faculty of Higher School of Management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: rsabramova@fa.ru

**Kudryashov A.L.** – Senior Lecturer, Department of Financial and Investment Management, Faculty of Higher School of Management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: alkudryashov@fa.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 14.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received February 14, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025



UDC 622.014.2:658.012.2 (470. 430) © Н.Е. Коваленко<sup>1</sup>,  
Е.И. Бахтеева<sup>2</sup>, И.В. Сошникова<sup>2</sup>, К.Е. Довгань<sup>1</sup>, 2025

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»,  
656049, г. Барнаул, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,  
620144, г. Екатеринбург, Россия

✉ e-mail: kovalenkorub5@gmail.com

UDC 622.014.2:658.012.2 (470. 430) © N.E. Kovalenko<sup>1</sup>,  
E.I. Bakhteeva<sup>2</sup>, I.V. Soshnikova<sup>2</sup>, K.E. Dovgan<sup>1</sup>, 2025

<sup>1</sup> Altai State University, Barnaul, 656049, Russian Federation

<sup>2</sup> Ural State University of Economics, Yekaterinburg,  
620144, Russian Federation

✉ e-mail: kovalenkorub5@gmail.com

# Юридический анализ актов стратегического планирования угольной промышленности России и Германии

## Legal analysis of strategic planning acts for the coal industry in the Russian Federation and Germany

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-125-128>

Статья направлена на анализ актов стратегического планирования в области регулирования угольной промышленности. В частности, затронуты вопросы перехода на возобновляемые источники энергии в правовом пространстве Российской Федерации и Германии, в том числе обозначены последствия и риски данного процесса. Отмечается, что российская правовая система с помощью средств контроля и надзора минимизирует негативное влияние угольной промышленности на окружающую среду.

**Ключевые слова:** общество, государство, угольная промышленность, право, возобновляемые источники, правовая культура.

**Для цитирования:** Юридический анализ актов стратегического планирования угольной промышленности России и Германии / Н.Е. Коваленко, Е.И. Бахтеева, И.В. Сошникова и др. // Уголь. 2025;(4):125-128. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-125-128.

### Abstract

The article focuses on analyzing strategic planning acts regulating the coal industry. In particular, it addresses the issues of transition to renewable energy sources in the legal framework of the Russian Federation and Germany, including the consequences and risks of this process. It is noted that the Russian legal system minimizes the negative impact of the coal industry on the environment by means of control and supervision tools.

### Keywords

Society, state, coal industry, law, renewable energy sources, legal culture.

### For citation

Kovalenko N.E., Bakhteeva E.I., Soshnikova I.V., Dovgan K.E. Legal analysis of strategic planning acts for the coal industry in the Russian Federation and Germany. *Ugol'*. 2025;(4):125-128. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-125-128.

### КОВАЛЕНКО Н.Е.

Младший научный сотрудник  
юридического института  
ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный университет»,  
656049, г. Барнаул, Россия,  
e-mail: kovalenkorub5@gmail.com

### БАХТЕЕВА Е.И.

Канд. юрид. наук, доцент, доцент,  
заведующий кафедрой публичного права,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
экономический университет»,  
620144, г. Екатеринбург, Россия

### СОШНИКОВА И.В.

Канд. социолог. наук, доцент,  
доцент кафедры публичного права,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
экономический университет»,  
620144, г. Екатеринбург, Россия

### ДОВГАНЬ К.Е.

Канд. юрид. наук,  
доцент Юридического института  
ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный университет»,  
656049, г. Барнаул, Россия

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время государство активно развивается во всех сферах, наблюдаются активные процессы цифровизации, внедрение технологий с применением искусственного интеллекта в жизнь общества. Любые процессы сопровождаются принятием юридических предписаний, которые, к сожалению, не всегда оперативно утверждаются и отвечают потребностям социума. Так, угольная промышленность не стала исключением, несмотря на особую важность данной стратегической отрасли, отмечаются и выявляются недостатки в правовом регулировании. Юридическая оценка как самой процедуры добычи, так и охраны окружающей среды претерпевает изменения, в частности это касается областей, где ведутся работы по поиску и добыче полезных ископаемых.

В Российской Федерации происходит наращивание темпов угольной промышленности, внедряются новые технологии, в то время как в зарубежных странах определяется тенденция отказа от угля, который выступает в качестве одного из главных сырьевых источников. Рассмотрим пример Германии, где на законодательном уровне закреплён ряд нормативно-правовых актов, позволяющих изучить особенности их правосознания и оценить риски смены курса в сырьевой экономике.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В юридической доктрине ряд авторов отмечают тенденцию снижения добычи угля в связи с переходом на возобновляемые источники, чтобы уменьшить негативное влияние на окружающую среду [1, 2]. Данная политика негативно сказывается на российской угледобывающей отрасли, в частности возникает проблема с международными поставками угля в соседние государства в результате падения спроса в государствах с «зеленой экономикой» [3]. Видится перспективной разработка нормативно-правового акта, способствующего повышению льгот и субсидий для отечественного производителя, формированию механизма повышения спроса на уголь внутри страны.

Распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р была утверждена Энергетическая стратегия на период до 2035 г. (далее – Стратегия) на основе принятой ранее Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации [4]. В Стратегии отмечается цель развития энергетики, которая включает создание условий для социально-экономического развития страны, где топливно-энергетический комплекс играет существенную роль в реализации национальных интересов.

Поставленные цели предполагают переход к эффективным моделям использования природных ресурсов, в том числе основанным на «цифровой трансформации и интеллектуализации отраслей топливно-энергетического комплекса», создание новых прав и возможностей в отраслях топливно-энергетического комплекса, а также уменьшение его негативного воздействия на «окружающую среду и адаптацию к изменениям климата» [5].

Среди приоритетов энергетической политики РФ отмечается «переход к экологически чистой и ресурсос-

берегающей энергетике», а также энергетическая эффективность, что способствует разработке национальной стратегии безопасности [5, 6]. Отметим, что в Российской Федерации используется комплекс мер, направленный на восстановление окружающей среды после добычи угольных ресурсов, в частности приняты нормы недропользования, разрабатываются ведомственные программы Министерства энергетики России в соответствующей сфере [6, 7].

Государственное регулирование качества угля осуществляется на основе национальных стандартов и стандартов организаций по добыче (переработке) угля (горючих сланцев), на уголь, горючие сланцы и продукты их переработки [6]. К ним относятся: Межгосударственный стандарт ГОСТ 33130-2014 «Угли бурые, каменные и антрацит. Номенклатура показателей качества» [8]; Межгосударственный стандарт ГОСТ 32347-2013 «Угли каменные и антрациты Кузнецкого и Горловского бассейнов для энергетических целей. Технические условия» [9]; Межгосударственный стандарт ГОСТ 33614-2015 «Угли активированные. Номенклатура показателей качества» [10].

По состоянию на сентябрь 2024 г. для обеспечения безопасности, усиления контроля на горнодобывающих предприятиях угольной промышленности, а также усовершенствования порядка консервации горных выработок был принят ряд нормативных правовых актов [11]. К примеру, отдельные нормы направлены на введение процедуры по приостановке работ на шесть месяцев по добыче угля в ряде случаев (в том числе связанных с экологической обстановкой) [12]. С 2013 г. по настоящее время наблюдается тенденция по разработке политики, направленной на использование возобновляемых источников энергии, так, существует Постановление Правительства РФ № 449, закрепляющее механизм стимулирования использования данных производств на рынке [13].

В ряде зарубежных стран реализуется законодательная политика по переходу от традиционных источников энергии к более экологичным, возобновляемым. В Германии для характеристики этого процесса используется специальный термин «Energiewende». Кроме того, в 2000 г. был принят специальный правовой акт – Закон о возобновляемых источниках энергии [14]. Главная его цель заключается в развитии ветроэнергетики путем установления квот, субсидий и других преференций.

Однако энергия, обеспеченная с помощью атома или угля, дешевле, но немецкое правительство стремится сократить ее выработку в пользу возобновляемых источников энергии, от которой ущерба экологии больше, а мощностей не хватит на полноценную замену. Создана рабочая группа, которая занимается сбором и учетом сведений относительно процессов использования и добычи возобновляемых источников энергии, называемая «AGEE-Stat», которая входит в состав Федерального агентства по охране окружающей среды [15].

Так, по данным 2023 г., возрастает роль возобновляемых источников энергии ряда направлений. Всего потре-

ние энергии достигло 21,6%, это примерно обеспечивало 273 млрд кВт·ч электроэнергии, что покрывает почти половину потребительского спроса – 52,5% [16]. Немецкие эксперты (С. Kemfert, М. Kendzioriski, С. Hirschhausen) считают, что успех возобновляемых источников энергии состоит в использовании ветряков, позволяющих эффективно вырабатывать энергию [17].

Подобная точка зрения является спорной в силу ряда причин и требует отдельных дополнительных исследований. Во-первых, ориентироваться следует не на показатели выбросов углекислого газа, а на благосостояние жителей и обеспечение их комфорта. Во-вторых, прежде чем массово переходить на новые источники энергии, следует провести взвешенную политику по оценке вреда, нанесенного добычей угля, возможной модернизации производства и процесса выработки, внедрения современных технологий, что позволит снизить негативное влияние на окружающую среду. В-третьих, сокращение рабочих мест в результате нового курса государства приведет к нарушению трудовых и социальных прав граждан Германии, работающих на угледобывающих предприятиях, поскольку их реализация требует дальнейших согласований на уровне Совета Европы.

Главная проблема видится в недостаточности правового регулирования вопросов перехода Германии на новый политико-промышленный курс, в результате чего возникают пробелы в урегулировании правоотношений, что в свою очередь негативно сказывается на законности и правовой культуре в обществе.

Остановимся на отдельных положениях отчета Комиссии по росту, структурным изменениям и занятости [18], согласно которому занятость в угльно-добывающем секторе составляет 5700 чел., а если взять за основу территориальное деление, то в административных округах занятость составляет 0,13%. При этом отмечается, что данная сфера актуальна для отдельных районов, где добыча угля выступает основным экономическим фактором развития территории (земель). Отдельно в правовых актах закрепляются компенсации для предприятий, прекративших добывающую деятельность, однако эти вопросы требуют согласования с органами Европейского Союза [19, 20]. Закон об отказе от угля направлен на снижение цен на электроэнергию, тем не менее закрепляемые в нем положения больше ориентированы на компании с высоким спросом на электроэнергию, чья международная конкурентоспособность обеспечивается за счет соответствующих компенсаций [19, 20].

## Выводы

Таким образом, закрытие предприятий угольной промышленности может негативно отразиться не только на росте безработицы, но и на потерях энергетических мощностей и инвестиционной привлекательности отдельных территорий, на недостатке налогов и др. При условии поддержки предприятий, которые должны будут остановить производство в связи с переходом на возобновляемые ресурсы для выработки электроэнергии, выдачи пособий

для работников, которые остались без рабочего места, правительство Германии не сможет компенсировать убытки, что негативно отразится не только на экономическом секторе, но и на международных отношениях, а правовая система не сможет обеспечить защиту прав всех работников угольной промышленности.

Считаем, что рассмотренный опыт Германии в плане «слепого следования» закрытию промышленности по добыче невозобновляемых природных ископаемых должен показать все недостатки данного процесса, что позволит в будущем предотвратить такую тенденцию в Российской Федерации.

Наше государство социально ориентировано, в силу чего благополучие и качество жизни граждан ставятся в приоритет государственной программы развития общества. Законодатель стремится минимизировать негативное влияние угольной промышленности путем принятия правовых актов специального и стратегического характера, устанавливающих дополнительные требования к контролю и качеству работ в угольном секторе экономики. Главная проблема правительства Германии в недостаточной правовой регламентации обещанных льгот и субсидий.

## Список литературы • References

- Петров И.В., Швандар К.В., Швандар Д.В., Бурова Т.Ф. Трансформация мирового рынка угля: современные тенденции и векторы развития // Уголь. 2020. № 7. С. 66-70. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-7-66-70.  
Petrov I.V., Shvandar K.V., Shvandar D.V., Burova T.F. Transformation of the world coal market: current trends and development vectors. *Ugol'*. 2020;(7):66-70. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-7-66-70.
- Шпинева Ю.С. Инвестиции в угольную промышленность – проблемы и особенности правового регулирования // Проблемы экономики и юридической практики. 2021. Т. 17. № 3. С. 146-151. DOI: 10.33693/2541-8025-2021-17-3-146-151.  
Shpinev Yu.S. Investments in the coal industry – features and problems of legal regulation. *Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki*. 2021;17(3):146-151. (In Russ.). DOI: 10.33693/2541-8025-2021-17-3-146-151.
- Шпинева Ю.С. Угольная промышленность России: проблемы и перспективы // Аграрное и земельное право. 2021. № 1(193). С. 42-46.  
Shpinev Yu.S. Coal industry: challenges and prospects. *Agrarnoe i zemel'noe pravo*. 2021;1(193):42-46. (In Russ.).
- Указ Президента РФ от 13 мая 2019 г. № 216 «Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации». Собрание законодательства Российской Федерации от 20 мая 2019 г. № 20. Ст. 2421.
- Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р «Об Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.». Собрание законодательства Российской Федерации от 15 июня 2020 г. № 24. Ст. 3847.
- Федеральный закон от 20.06.1996 № 81-ФЗ «О государственном регулировании в области добычи и использования угля, об особенностях социальной защиты работников организаций



- угольной промышленности». Собрание законодательства РФ от 24 июня 1996 г. № 26. Ст. 3033.
7. Глыбина П.Н., Гуляева Х.Д. Пути решения экологических проблем в угледобывающей отрасли на территории России и Китая / Инновационные технологии управления и стратегии территориального развития туризма и сферы гостеприимства: Материалы V Международной научно-практической конференции, Москва, 23 сентября 2022 года / Под редакцией Е.Е. Коноваловой. М.: Российский государственный университет туризма и сервиса, 2022. С. 74-80.
  8. Межгосударственный стандарт ГОСТ 33130-2014 «Угли бурые, каменные и антрацит. Номенклатура показателей качества» (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 мая 2015 г. № 397-ст) // СПС Гарант (дата обращения: 15.03.2025).
  9. Межгосударственный стандарт ГОСТ 32347-2013 «Угли каменные и антрациты Кузнецкого и Горловского бассейнов для энергетических целей. Технические условия» (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 2015-ст). СПС Гарант (дата обращения: 15.03.2025).
  10. Межгосударственный стандарт ГОСТ 33614-2015 «Угли активированные. Номенклатура показателей качества» (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 февраля 2016 г. № 89-ст). СПС Гарант (дата обращения: 15.03.2025).
  11. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27 декабря 2023 г. № 485 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при переработке, обогащении и брикетировании углей», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28 октября 2020 г. № 428». СПС Гарант. URL: <https://study.garant.ru/#/document/408714705/paragraph/1:0> (дата обращения: 15.03.2025).
  12. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29 января 2024 г. № 27 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10 ноября 2020 г. № 436». СПС Гарант. URL: <https://study.garant.ru/#/document/409100616/paragraph/1:0> (дата обращения: 15.03.2025).
  13. Постановление Правительства РФ от 28 мая 2013 г. № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности». Собрание законодательства Российской Федерации от 10 июня 2013 г. № 23 ст. 2909.
  14. Renewable Energy Act (EEG). Available at: <https://www.wind-energie.de/english/policy/rea/> (accessed 15.03.2025).
  15. Erneuerbare Energien. Available at: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html> (accessed 15.03.2025).
  16. Renewable energies in figures. Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/climate-energy/renewable-energies/renewable-energies-in-figures> (accessed 15.03.2025).
  17. Kemfert C., Kendziorski M., Hirschhausen C.V. 100 % renewable energy for Germany: coordinated expansion planning needed. 2021:210-215.
  18. Commission on Growth, Structural Change and Employment. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). Final Report. Available at: <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/commission-on-growth-structural-change-and-employment.html> (accessed 15.03.2025).
  19. Raitbaur L. (2021). The New German Coal Laws: A Difficult Balancing Act. *Climate Law*. 2021;(11):176-194.
  20. Press release of the Federal Government, «Europäische Kommission genehmigt Steinkohle-Ausstieg». Available at: [www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/11/20201125-europaeische-kommission-genehmigt-steinkohle-ausstieg.html](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/11/20201125-europaeische-kommission-genehmigt-steinkohle-ausstieg.html) (accessed 15.03.2025).

#### Authors Information

**Kovalenko N.E.** – Junior Researcher of Law Institute of the Altai State University, Barnaul, 656049, Russian Federation, e-mail: [kovalenkorub5@gmail.com](mailto:kovalenkorub5@gmail.com)

**Bakhteeva E.I.** – PhD (law), Associate Professor, Associate Professor, Head of the Department of Public Law, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation

**Soshnikova I.V.** – PhD (Sociological), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Public Law, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation

**Dovgan K.E.** – PhD (Law), Associate Professor of Law Institute of the Altai State University, Barnaul, 656049, Russian Federation

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 9.01.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received January 9, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

УДК 622.271(437):55.814 © В.Н. Вокин<sup>1</sup>, И.В. Зеньков<sup>2,3</sup>,  
 Ле Хунг Чинь<sup>4</sup>, А.В. Агалакова<sup>3</sup>, Е.В. Кардашова<sup>3</sup>, А.А. Латынцев<sup>1</sup>,  
 К.В. Раевич<sup>1</sup>, Ж.В. Миронова<sup>1</sup>, К.А. Штреслер<sup>1</sup>, Н.И. Красноченко<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup> Сибирский научно-исследовательский институт горного  
и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия

<sup>3</sup> Сибирский государственный университет науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия

<sup>4</sup> Технический университет им. Ле Куи Дон, 11355, Ханой, Вьетнам

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

UDC 622.271(437):55.814 © V.N. Vokin<sup>1</sup>, I.V. Zenkov<sup>2,3</sup>,  
 Le Hung Trinh<sup>4</sup>, A.V. Agalakova<sup>3</sup>, E.V. Kardashova<sup>3</sup>, A.A. Latyntsev<sup>1</sup>,  
 K.V. Raevich<sup>1</sup>, Zh.V. Mironova<sup>1</sup>, K.A. Shtresler<sup>1</sup>, N.I. Krasnochenko<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

<sup>2</sup> Siberian Research Institute of Mining and Surveying,  
Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

<sup>3</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

<sup>4</sup> Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

# Исследование динамики горных работ в карьерах по добыче угля в Республике Чехия на основе данных космического мониторинга

## A study of the mining operation dynamics in open-pit coal mines in the Czech Republic based on space monitoring data

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-129-132>

В статье представлены результаты исследования технологических и технических аспектов производства открытых горных работ на угольных месторождениях в Республике Чехия. В ходе дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлены количество и модели экскаваторов непрерывного действия, работающих в угольных карьерах, протяженность конвейерных линий, а также определен годовой объем экскавации вскрышных пород и угля, поставляемого на тепловые электростанции. По результатам спутниковой съемки и аналитических расчетов в добыче угля открытым способом на территории Чехии выявлен стабильный тренд с небольшим понижением в последние годы.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, угольная промышленность, Республика Чехия, топливно-энергетический комплекс, угольные карьеры, годовой объем добычи угля, горные машины, угольная генерация электроэнергии.

**Для цитирования:** Исследование динамики горных работ в карьерах по добыче угля в Республике Чехия на основе данных космического мониторинга / В.Н. Вокин, И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь и др. // Уголь. 2025;(4):129-132. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-129-132.

### Abstract

The paper presents the results of studying technological and technical aspects of surface mining operations in coal deposits in the Czech Republic. The remote sensing studies and analytical calculations helped to reveal

### ВОКИН В.Н.

Канд. техн. наук, профессор  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

### ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор,  
заместитель директора по научной работе  
Сибирского научно-исследовательского  
института горного и маркшейдерского дела,  
660025, г. Красноярск, Россия,  
профессор Сибирского государственного  
университета науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия,  
e-mail: zenkoviv@mail.ru

### ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

Канд. техн. наук, доцент  
Технического университета им. Ле Куи Дон,  
11355, г. Ханой, Вьетнам

**АГАЛАКОВА А.В.**

Канд. экон. наук, доцент  
Сибирского государственного  
университета науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия

**КАРДАШОВА Е.В.**

Канд. экон. наук, доцент  
Сибирского государственного  
университета науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия

**ЛАТЫНЦЕВ А.А.**

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**РАЕВИЧ К.В.**

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**МИРОНОВА Ж.В.**

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**ШТРЕСЛЕР К.А.**

Старший преподаватель  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**КРАСНОЧЕНКО Н.И.**

Горный инженер Сибирского  
научно-исследовательского института  
горного и маркшейдерского дела,  
660025, г. Красноярск, Россия

*the number and models of the continuous bucket excavators operated in the coal pits, the length of the conveyor lines as well as to determine the annual volume of overburden removed and coal dispatched to thermal power plants. A stable trend with a slight decline in the recent years has been identified based on the results of satellite imaging and analytical calculations of surface coal production in the Czech Republic.*

**Keywords**

*Remote sensing, coal mining industry, Czech Republic, fuel and energy complex, coal pits, annual coal production, mining machines, coal-fired power generation.*

**For citation**

Vokin V.N., Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Agalakova A.V., Kardashova E.V., Latyntsev A.A., Raevich K.V., Mironova Zh.V., Shtresler K.A., Krasnochenko N.I. A study of the mining operation dynamics in open-pit coal mines in the Czech Republic based on space monitoring data. *Ugol*. 2025;(4):129-132. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-129-132.

**ВВЕДЕНИЕ**

Научно-практический интерес с позиции изучения экономической географии и основ мировой экономики представляет исследование производственного потенциала производительных сил горнодобывающих предприятий, производящих отработку угольных месторождений в мировых центрах угледобычи. Национальная экономика стран Восточной Европы развивается традиционно на использовании электрической энергии, генерируемой тепловыми станциями при сжигании в большей степени бурого и в меньшей – каменного угля. На территории Чехии выделяется один крупный центр добычи угля открытым способом – северная часть республики вдоль границы с Германией, где уголь добывают в карьерах. Изучение мировых центров горной промышленности чаще всего осуществляется по весьма противоречивой информации, содержащейся в открытых источниках. Наша научно-практическая школа на очередном этапе исследовала широкий спектр показателей угледобывающего центра в северном секторе Чехии с использованием космоснимков высокого разрешения, находящихся в свободном доступе. Отметим, что сфера использования технологий дистанционного зондирования Земли из космоса постоянно расширяется, о чем свидетельствуют работы как российских, так и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ  
В КАРЬЕРАХ ПО ДОБЫЧЕ БУРОГО УГЛЯ**

К настоящему времени, по данным дистанционного мониторинга, на территории Чехии, в северном ее секторе, вдоль границы с Германией, за последние полвека сформирован мощный топливно-энергетический комплекс с пятью работающими карьерами по добыче бурого угля и шестью тепловыми станциями с угольной генерацией электроэнергии. Предприятия расположены компактно в полосе с размерами 13×94 км, длинная ось которой ориентирована в направлении «юго-запад – северо-восток» [1]. В этом секторе работают одиннадцать предприятий топливно-энергетического комплекса (см. рисунок). Кроме того, в исследуемом секторе находятся города Карловы Вары, Хомутов, Мост, Духцов и др. Белой линией на рисунке показана воздушная высоковольтная линия передачи электроэнергии в Германию. Функционирование на территории Чехии предприятий топливно-энергетического комплекса, основанное на добыче угля открытым способом и его сжигании на тепловых электростанциях,



не соответствует резолюциям ООН о необходимости улучшения климата на нашей планете [12].

Горно-геологическое строение угольных пластов на территории Чехии позволяет производить их вскрытие в местах выхода под наносы. Мощность угольного пласта сложного строения изменяется от 20 до 50 м. В его толще имеются породные пропластки. Углы залегания угольных пластов в местах их выхода под наносы находятся в диапазоне 2-4°. По мере погружения пласта в угленосную толщу его залегание становится горизонтальным. Системы разработки угольных месторождений, однобортные с параллельным или веерным перемещением рабочего борта. На выемке вскрышных пород и угля используют роторные экскаваторы в комплексе с ленточными конвейерами для перемещения вскрыши на породные отвалы, а угля – на расходные прикарьерные склады или стационарные склады на тепловых электростанциях.

В ходе исследования территории внимание было обращено на разную глубину карьеров (100-220 м) и количество вскрышных и добычных уступов. Высота уступов в карьере зависит от применяемых моделей экскаваторов. Максимальная высота уступов (30-36 м) отмечается у роторных экскаваторов KU-800 и KR-5500T, а минимальная (до 16 м) – у моделей KU-300. Все экскаваторы работают на выемке горных пород, крепость которых не требует буровзрывного рыхления. Суммарная протяженность горных работ по нижнему добычному уступу во всех карьерах составляет 13 км [11].

В карьере Мост реализовано оригинальное инженерное решение по организации горных и транспортных работ. Вскрышные породы и уголь обрабатывают роторным экскаватором KU-300. На рабочей площадке параллельно с траекторией хода экскаватора на расстоянии 30 м от его оси вращения проложен железнодорожный путь стандартной колеи 1520 мм. По этому пути подают железнодорожные думпкары для вывозки вскрыши и угля за пределы карьера. Любые горные породы из забоя при обработке сложноструктурного угольного пласта экскаватор загружает в железнодорожный состав из 10 думпкаров 2BC-105 и одного электровоза. Вскрышные породы транспортируют на внутренний отвал, а уголь – на поверхностный стационарный расходный склад. В угольном карьере Мост роторный экскаватор KU-300 работает на участке, в границах которого производится выемка вскрышных пород и угля поочередно. Эти работы выполняются одним экскаватором [11].

Всего, по данным космической съемки, в угольных карьерах в Чехии работают 37 экскаваторов непрерывного действия. Эта совокупность состоит из роторных экскаваторов KR-5500T (1 ед.), KU-800 (11 ед.) и KU-300 (25 ед.). Вскрышные породы, удаляемые из всех карьеров с ис-

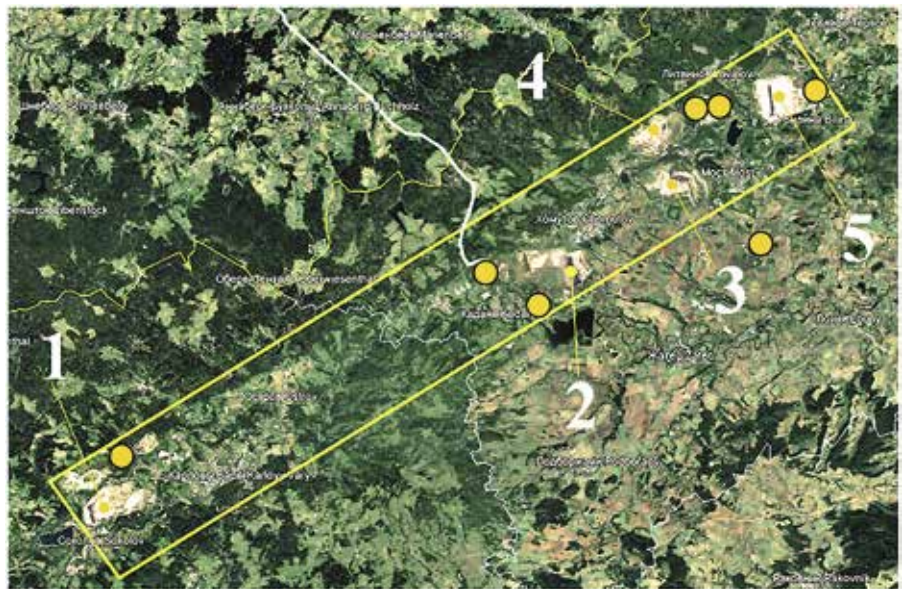


Схема расположения предприятий топливно-энергетического комплекса в северной части Республики Чехия на снимке из космоса: 1 – карьер «Соколов»; 2 – карьер «Хомутов»; 3 – карьер «Мост»; 4 – карьер «Йирков»; 5 – карьер «Духцов»; ● – тепловая станция с угольной генерацией электроэнергии

A schematic map of fuel and energy complex facilities location in the northern part of the Czech Republic in a satellite image: 1 – the Sokolov open pit mine; 2 – the Chomutov open pit mine; 3 – the Most open pit mine; 4 – the Jirkov open pit mine; 5 – the Duchcov open pit mine; ● – a thermal power plant with coal-fired power generation

пользованием ленточных конвейеров, отсыпают на внутренних отвалах на месте отработанного угольного пласта или в выработанном пространстве соседних карьеров, в которых добыча угля прекращена. Главной особенностью размещения вскрышных пород в ходе добычи угля открытым способом является их перемещение только в выработанное пространство карьеров. Отсыпка вскрыши на отвалах производится высокопроизводительными отвалообразователями на гусеничном и железнодорожном ходу ZP-510, Z-7000, ZPDH-6300.1 (18 ед.) [11].

Анализ информации на спутниковых снимках позволяет сделать вывод о том, что протяженность конвейерных линий на перемещении вскрышных пород является функциональной зависимостью от применяемых моделей экскаваторов, глубины карьера и расположения внутреннего отвала. Тот же вывод можно сделать в отношении аналогичного показателя для конвейеров, установленных для перемещения угля. Общая протяженность ленточных конвейеров на перемещении вскрышных пород равна 140,3 км, аналогичный показатель для угля составляет 59 км.

С учетом особенностей горно-геологического строения месторождений бурого угля, моделей и количества работающих экскаваторов на вскрышных и добычных работах, а также их производительности определены объемы выемки и перемещения вскрышных пород и угля из недр. Общий годовой объем вскрышных работ, по нашей оценке, выполняемый во всех карьерах на территории Чехии, равен 179 млн т, и объем добываемого угля составляет 39 млн т. Отметим, что в двух карьерах «Йирков» и «Мост» запасы угля в ближайшие год-два будут отработаны, а в карьерах «Соколов», «Хомутов» и «Духцов» отработка

угольных пластов, по нашей оценке, продлится не более 6-8 лет в зависимости от темпов отработки угленасыщенных участков.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом особенностей горно-геологического строения месторождений бурого угля, моделей и количества работающих экскаваторов на вскрышных и добычных работах, а также их производительности определены объемы выемки и перемещения вскрышных пород и угля из недр. Общий годовой объем вскрышных работ, по нашей оценке, выполняемый во всех карьерах на территории Чехии, равен 179 млн т, и объем добываемого угля составляет 39 млн т. Все действующие угольные карьеры на территории Чехии дорабатывают запасы, строительство новых карьеров на спутниковых снимках не наблюдается.

### Список литературы • References

- Жаданова П.Д., Лаврова О.Ю. Влияние выбора данных спутников Landsat 8/9 и Sentinel 2A/2B на результаты определения мутности воды в приустьевых зонах рек // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. № 3. С. 244-265. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-3-244-265. Zhadanova P.D., Lavrova O.Yu. Impact of Landsat-8/9 and Sentinel-2A/2B data selection on the results of water turbidity determination in coastal river zones. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2024;(3):244-265. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-3-244-265.
- Терехин Э.А. Возможности оценки лесистости овражно-балочных систем Среднерусской лесостепи по данным дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. № 3. С. 107-120. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-3-107-120. Terekhin E.A. Possibilities for assessing the forest cover of small dry valleys in the Central Russian forest-steppe using remote sensing data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2024;(3):107-120. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-3-107-120.
- Добыча угля открытым способом в провинции Лимпопо на территории Южно-Африканской Республики по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь, Е.В. Логинова и др. // Уголь. 2024. № 2. С. 93-96. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-2-93-96. Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Loginova E.V., Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Sizova .N., Raevich K.V., Latyntsev A.A. Surface coal production in the Limpopo Province in the territory of the Republic of South Africa based on satellite imaging data. *Ugol'*. 2024;(2):93-96. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-2-93-96.
- Ivanov A., Klimenko S. Mariculture in the Black Sea and its Impact on the Environment According to Satellite Observations. *Ecology and Industry of Russia*. 2024;28(4):34-39. DOI: 10.18412/1816-0395-2024-4-34-394.
- Zenkov I.V., Morin A.S., Vokin V.N., Kiryushina E.V. Remote sensing of mining and haul-age equipment arrangement in Russia: A case-study of the coal and iron ore industry. *Eurasian mining*. 2020;(2):46-49.
- Исследование показателей угольных карьеров в топливно-энергетическом комплексе Республики Монголия с использованием ресурсов дистанционного зондирования / И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь, Е.В. Логинова и др. // Уголь. 2023. № 1. С. 76-79. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-1-76-79.
- Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Loginova E.V., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Skornyakova S.N., Maglinets Yu.A., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Pavlova P.L., Lunev A.S. Studies of coal pit performance in the fuel and energy complex of the Republic of Mongolia using remote sensing data. *Ugol'*. 2023;(1):76-79. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-1-76-79.
- Li S., Li J., Du W. et al. Combining Satellite Images and the Hydraulic Engineering Archive to Map the Processes of Reservoir Construction in Xinjiang. *Remote Sens*. 2024;(16):328. DOI: 10.3390/rs16020328.
- Jang W., Kim J., Kim J.H. et al. Evaluation of Sentinel-2 Based Chlorophyll-a Estimation in a Small-Scale Reservoir: Assessing Accuracy and Availability. *Remote Sens*. 2024;(16):315. DOI: 10.3390/rs16020315.
- Xiaofang Jiang, Hanchen Duan, Jie Liao et al. Comparative research on multi-algorithm of soil salinity monitoring based on Gaofen-5, Sentinel-1, and Sentinel-2. *International Journal of Remote Sensing*. 2023;44(15):4704-4726. DOI: 10.1080/01431161.2023.2235640.
- Tran X.B., Trinh L.H., Nguyen Q.L. et al. Detection of violations of open-pit mining lease boundaries using Sentinel-2 MSI data in the case of Lao Cai and Yen Bai provinces of North Vietnam. *Mining Science and Technology*. 2023;8(2):173-182. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-12-68.
- <https://www.google.com/earth>.
- <https://www.un.org/ru/climatechange/climate-ambition-summit>.

### Authors Information

**Vokin V.N.** – PhD (Engineering), Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Zenkov I.V.** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation, Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

**Trinh Le Hung** – PhD (Engineering), Associate Professor, Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

**Agalakova A.V.** – PhD (Economic), Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

**Kardashova E.V.** – PhD (Economic), Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

**Latyntsev A.A.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Raevich K.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Mironova Zh.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Shtresler K.A.** – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Krasnochenko N.I.** – Mining engineer, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

### Информация о статье

Поступила в редакцию: 10.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

### Paper info

Received February 10, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025

## НЕКРОЛОГ

# КРОЛЬ Евгений Тимофеевич

(11.10.1937 – 28.03.2025)

**На 88-ом году ушел из жизни крупный организатор угольного машиностроения, кандидат экономических наук, Заслуженный шахтер РСФСР, Почетный работник угольной промышленности, Почетный работник топливно-энергетического комплекса, заместитель министра угольной промышленности СССР в 1990-1991 гг., действительный член Академии горных наук – Кроть Евгений Тимофеевич**



Вся трудовая деятельность Евгения Тимофеевича прошла в угольной промышленности, стаж работы в которой составляет около полувека. Он прошел славный путь – от электрослесаря до заместителя министра угольной промышленности СССР.

После окончания в 1959 г. Донецкого индустриального института по специальности горный инженер-электромеханик более 11 лет он трудился непосредственно на шахтах треста «Рутченковуголь» Донецкой области на разных должностях.

С 1970 по 1978 г. Евгений Тимофеевич работал в Министерстве угольной промышленности Украинской ССР, где возглавлял отдел подземного транспорта и Управление материально-технического снабжения, являлся членом коллегии Минуглепрома УССР.

После окончания в 1980 г. Академии народного хозяйства при Совете Министров СССР он был приглашен на работу в Министерство угольной промышленности СССР. Работал заместителем министра по материально-техническому снабжению, начальником Управления промышленного транспорта, заместителем министра – начальником Главного управления развития угольного машиностроения, являлся членом коллегии Министерства угольной промышленности СССР.

В 1991–1998 гг. Е.Т. Кроть занимал посты заместителя президента правления по машиностроению корпорации «Уголь России», заместителя генерального директора по машиностроению и материально-техническим ресурсам ОАО «Российская угольная компания», вице-президента – директора Дирекции по диверсификации производства ОАО «Росуголь».

В 1998–2002 гг. Е.Т. Кроть являлся советником директора Государственного учреждения по вопросам реорганизации и ликвидации неперспективных шахт и разрезов (ГУ «ГУРШ»).

Кроть Евгений Тимофеевич известен в России и за ее пределами как крупный организатор, который обеспечивал развитие и совершенствование предприятий угольного машиностроения и возглавлял одно из важнейших направлений реструктуризации отрасли – диверсификацию угольного производства, связанную прежде всего с созданием конкурентоспособных рабочих мест для высвобождаемых работников ликвидированных неэффективных предприятий.

Производственную деятельность он успешно сочетал с научной работой, был активным членом Академии горных наук.

Евгений Тимофеевич из той категории людей, для которых увлечение – это работа, а работа – его жизнь. Этот обаятельный и мудрый человек всегда отличался целеустремленностью, обязательностью, огромной работоспособностью, ответственностью, принципиальным отношением к профессиональным делам и внимательным отношением к коллегам.

За большой вклад в развитие отечественной угольной промышленности Е.Т. Кроть отмечен многими государственными и ведомственными наградами: медалями – «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина», «В память 850-летия Москвы», медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, знаком «Шахтерская слава» всех трех степеней.

**Друзья и коллеги по работе в угольной промышленности СССР и России, московское «Землячество донбассовцев», редакционная коллегия и редакция журнала «Уголь» глубоко скорбят по случаю ухода из жизни Евгения Тимофеевича Кротя и выражают искренние соболезнования его родным и близким.**



# BELAZ

## КАРЬЕРНЫЕ САМОСВАЛЫ БЕЛАЗ-7558Н

## БЕЛАЗ-7513Р

РАБОТАЮЩИЕ НА СЖИЖЕННОМ  
ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

**90 и 130 ТОНН**



GAS



РЕКЛАМА

### КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ

Поставка самосвалов на газовом топливе вместе с инфраструктурой:

- установка заправочного комплекса
- системы хранения топлива
- мобильные заправочные комплексы

Экономия топлива до 35% в год

Номинальный объем двух газовых баков  
1400 + 350 литров для БЕЛАЗ-7558Н (90 тонн)  
и 1400 + 1400 литров для БЕЛАЗ-7513Р (130 тонн).  
Работают полную смену без дозаправки

Сокращение затрат на техническое обслуживание

Высокий уровень экологической безопасности



[www.belaz.by](http://www.belaz.by)