

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

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

# УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРGETИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

## 6-2022



**СТК**

СИБИРСКАЯ  
ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОМПАНИЯ



ПРОЕКТИРОВАНИЕ



ПРОИЗВОДСТВО



ПОСТАВКА

**ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Задний  
борт грохота

Брызгальное  
устройство

Привод грохота

Борт грохота

Амортизирующие  
пружины

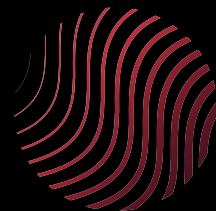
Просеивающая  
поверхность



**8 (495) 369 30 91**



**WWW.SCT.ST**



# КАК НЕ ОШИБИТЬСЯ С ВЫБОРОМ?

РЕКЛАМА



Подробнее на стр. 23-24

8 (4722) 23-28-39 8 (800) 301-27-73 [info@tapp-group.ru](mailto:info@tapp-group.ru) [tapp-group.ru](http://tapp-group.ru)



**TAPP** GROUP  
TECHNOLOGICAL ADVANCE FOR PLANT PRODUCTIVITY



**Главный редактор**  
**ЯНОВСКИЙ А.Б.**  
Доктор экон. наук,  
канд. техн. наук

**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  
**ЛИТВИНЕНКО В.С.**,  
доктор техн. наук, профессор  
**МАЛЫШЕВ Ю.Н.**, академик РАН,  
доктор техн. наук, профессор  
**МОХНАЧУК И.И.**, канд. экон. наук  
**МОЧАЛЬНИКОВ С.В.**, 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»

**ИЮНЬ****6-2022** /1155/**УГОЛЬ****СОДЕРЖАНИЕ****ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА**

Никто не забыт, ничто не забыто _____	4
Проект добычи метана из угольных пластов в Кемеровской области. Меры поддержки нефтегазовой и угольной отраслей _____	5
Петренко И.Е. Шинкин В.К. Итоги работы угольной промышленности России за январь-март 2022 года _____	6
Хроника. События. Факты. Новости _____	17

**ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ**

Лохов Д.С. Как не ошибиться с выбором? _____	23
---	----

**ЗА РУБЕЖОМ**

Зеньков И.В., Чинь Ле Хунг, Юронен Ю.П., Логинова Е.В., Маглинец Ю.А., Раевич К.В., Латынцев А.А., Веретеннова Т.А., Кондрашов П.М., Павлова П.Л., Конов В.Н. Угольные разрезы на территории Южной Суматры по данным спутниковой съемки . Технологии и комплексная механизация открытых горных работ _____	25
---	----

**СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ**

[Першин В.В.], Дерюшев А.В., Маньшин Н.Н. Легенда земли Кузнецкой (к 115-летию со дня рождения Героя Социалистического Труда В.Г. Кожевина) _____	29
---	----

**НОВОСТИ ТЕХНИКИ**

Левкин Ю.М. Использование технологии дистанционного зондирования и математического моделирования для анализа аварийных горных выработок _____	32
---	----

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Бабкина Л.Н., Скуфьина Т.П., Левитес В.В., Скотаренко О.В., Хаценко Е.С. Математический инструментарий выбора стратегий устойчивого экономического развития регионов Арктической зоны Российской Федерации _____	35
--	----

**ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ**

Козлова О.Ю. Перспективы развития имитационного моделирования горно-шахтного производства _____	41
--	----

**ГОРНЫЕ МАШИНЫ**

Горлов И.В., Митусов П.Е., Беляев А.М. Анализ процесса измельчения слабых горных пород _____	44
---	----

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Щербакова Л.Н., Евдокимова Е.К., Рада А.О., Никитина О.И. Факторы конкурентоспособности углехимической отрасли России в условиях глобальной трансформации мировой энергетики _____	48
--	----

**ЭКОЛОГИЯ**

Скуфьина Т.П., Самарина В.П., Самарин А.В. Процессы декарбонизации производства и перспективы Арктики как углеродно нейтральной территории _____	54
--	----



## 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

### Ведущий специалист

Валентина ВОЛКОВА

### 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 России  
(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:

Ведущий редактор О.И. ГЛИНИНА

Научный редактор И.М. КОЛОБОВА

Корректор В.В. ЛАСТОВ

Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС

Подписано в печать 02.06.2022.

Формат 60x90 1/8.

Бумага мелованная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,0 + обложка.

Тираж 5100 экз. Тираж эл. версии 1600 экз.

Общий тираж 6700 экз.

### Отпечатано:

ООО «РОЛИКС ПРИНТ»

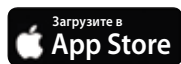
117105, г. Москва, пр-д Нагорный, д.7, стр.5

Тел.: (495) 661-46-22;

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

Заказ № 110701

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



Корчагина Т.В., Потапов В.П., Счастливцев Е.Л.

Цифровой мониторинг природно-техногенной среды для обеспечения экологической безопасности предприятий горнодобывающей отрасли \_\_\_\_\_ 59

Шевелева О.Б., Зюнова О.В., Слесаренко Е.В.

Экологическая безопасность регионов сырьевой ориентации: инвестиционно-инновационный аспект \_\_\_\_\_ 67

Семина И.С., Андроханов В.А.

Геохимический фон в молодых почвах на рекультивированных участках с использованием отходов углеобогащения \_\_\_\_\_ 74

## ЭКОНОМИКА

Жернов Е.Е., Осокина Н.В.

Рентный аспект циркулярной экономики в угольной промышленности ресурсодобывающего региона. 2. Бизнес-модели циркулярной экономики на угледобывающих предприятиях: рентный аспект \_\_\_\_\_ 80

## ГЕОИНФОРМАТИКА

Воронков И.Н., Малахов А.А., Оленюк С.П., Ситников Д.В., Абдикашев Е.

Исследование зависимости электропроводности песчано-глинистых пород от нагрузки и температуры в области фазового перехода поровой влаги \_\_\_\_\_ 84

## НЕКРОЛОГ

Пяткин Александр Михайлович (12.10.1930 – 16.05.2022) \_\_\_\_\_ 3-я стр. обл.

### Список реклам

ООО «СТК»	1-я обл.	Журнал «Уголь»	4-я обл.
TAPP	2-я обл.	НПП Завод МДУ	20

\* \* \*

### 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 Q3)

### 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. EBSCO имеет партнерские отношения с библиотеками на протяжении уже более 70 лет, обеспечивая содержание исследований качества, мощные технологии поиска и интуитивные платформы доставки.

### 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. С 2008 г. китайский агрегатор проиндексировал более 60 тыс. журналов и 400 тыс. электронных книг, трудов более 500 международных издательств, обществ, включая SpringerNature, Elsevier, Taylor & Francis, Wiley, IOP, ASCE, AMS и др.

### Подписные индексы:

– Объединенный каталог «Пресса России» – 87717; 87776; T7728; Э87717

– Каталог «Урал-Пресс» – 71000; 87776; 007097; 009901

**Chief Editor**

**YANOVSKY A.B.**, Dr. (Economic),  
Ph.D. (Engineering), Moscow,  
107996, Russian Federation

**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  
**LITVINENKO V.S.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Saint Petersburg, 199106, Russian Federation  
**MALYSHEV Yu.N.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Acad. of the RAS, Moscow, 125009,  
Russian Federation  
**MOKHNACHUK I.I.**, Ph.D. (Economic),  
Moscow, 109004, Russian Federation  
**MOCHALNIKOV S.V.**, Ph.D. (Economic),  
Moscow, 107996, 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

**JUNE**

**6' 2022**

# UGOL' / RUSSIAN COAL JOURNAL

**CONTENT****INFORMATION & ANALYTICS**

**Regional news** \_\_\_\_\_ 4

Petrenko I.E. Shinkin V.K.

**Russia's coal industry performance for January – March, 2022** \_\_\_\_\_ 6

**The chronicle. Events. The facts. News** \_\_\_\_\_ 17

**COAL PREPARATION**

Lokhov D.S.

**How not to make a wrong choice?** \_\_\_\_\_ 23

**ABROAD**

Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Loginova E.V., Maglinets Yu.A.,  
Raevich K.V., Latyutsev A.A., Veretenova T.A., Kondrashov P.M., Pavlova P.L., Konov V.N.

**Coal strip mines in South Sumatra based on satellite imaging data.**

**Technology and complex mechanization of surface mining operations** \_\_\_\_\_ 25

**HISTORICAL PAGES**

Pershin V.V., Deryushev A.V., Man'shin N.N.

**V.G. Kozhevnikov – to the 115th anniversary** \_\_\_\_\_ 29

**TECHNICAL NEWS**

Levkin Y.M.

**The usage of remote sensing technology and mathematical modeling**

**for the analysis of emergency mine workings** \_\_\_\_\_ 32

**SOCIAL & ECONOMIC ACTIVITY**

Babkina L.N., Skufina T.P., Levites V.V., Skotarenko O.V., Khatsenko E.S.

**Econometric modeling of the sectoral program for the development**

**and functioning of coal-industrial clusters in the regional economy** \_\_\_\_\_ 35

**UNDERGROUND MINING**

Kozlova O.Yu.

**Prospects for the development of mining simulation modelling** \_\_\_\_\_ 41

**MINING EQUIPMENT**

Gorlov I.V., Mitusov P.E., Belyaev A.M.

**Analysis of crushing process of incompetent rocks** \_\_\_\_\_ 44

**ENERGY SAVING**

Scherbakova L.N., Evdokimova E.K., Rada A.O., Nikitina O.I.

**Competitive factors of the Russian coal-chemical industry**

**in the global transformation of the global energy sector** \_\_\_\_\_ 48

**ECOLOGY**

Skufina T.P., Samarina V.P., Samarin A.V.

**Concerning processes of decarbonization of production and prospects**

**for the Arctic as a carbon-neutral territory** \_\_\_\_\_ 54

Korchagina T.V., Potapov V.P., Schastlivtsev E.L.

**Digital monitoring of the natural and man-made environment**

**to ensure the environmental safety of mining enterprises** \_\_\_\_\_ 59

Sheveleva O.B., Zonova O.V., Slesarenko E.V.

**Ecological safety of regions with raw material orientation: investment and innovation aspect** \_\_\_\_\_ 67

Semina I.S., Androkhonov V.A.

**Geochemical background in semimature soils made on reclaimed sites using coal waste** \_\_\_\_\_ 74

**ECONOMIC OF MINING**

Zhernov E.E., Osokina N.V.

**The rent aspect of the circular economy in the coal industry of a resources-extractive region.**

**2. Business models of the circular economy at coal mining enterprises: the rent aspect** \_\_\_\_\_ 80

**GEOINFORMATICS**

Voronkov I.N., Malakhov A.A., Olenyuk S.P., Sitnikov D.V., Abdikashev E.

**Research into dependence of electrical conductivity of sandy-clayey rocks on load and temperature in the pore**

**moisture phase transition zone** \_\_\_\_\_ 84



## Никто не забыт, ничто не забыто

Более 30 мероприятий и акций, посвященных Дню Победы, прошли в шахтерских городах Красноярского края. Участие в них приняли коллективы предприятий СУЭК, дети сотрудников, учащиеся профильных классов Компании, ветераны-угольщики.

В День Победы ветеранов и всех горожан поздравили фронтовые бригады – артисты местных ГДК и сотрудники СУЭК. 9 мая праздничные митинги состоялись на предприятиях СУЭК, угольщики прошли в ря-



дах «Бессмертного полка», в колоннах городских Парадов Победы, возложили цветы к памятникам воинам-освободителям, а ныне живущим ветеранам дети сотрудников СУЭК подавали открытки, изготовленные своими руками. Вечером горняки со школьниками из трудовых отрядов, классов СУЭК присоединились к акции #СвечаПамяти – сотни свечей зажгли в память о героях одной из самых кровопролитных войн в истории человечества.



## Проект добычи метана из угольных пластов в Кемеровской области

13 мая 2022 г. в Москве прошло заседание комиссии Госсовета по направлению «Энергетика». Участники совещания обсудили предложения регионов по мерам поддержки, необходимым для обеспечения устойчивого функционирования топливно-энергетического комплекса в условиях внешнего санкционного давления. Замглавы Минэнерго России Сергей Мочальников рассказал о мерах господдержки проекта добычи метана из угольных пластов в Кузбассе, который ведет ПАО «Газпром».

*«Реализация данного проекта важна в первую очередь с точки зрения повышения безопасности и экологии. Помимо добычи газа проект способен решать задачи заблаговремен-*

*ной дегазации угольных шахт и повышения безопасности труда шахтеров», – отметил замминистра.*

По его словам, сейчас рассматриваются две меры поддержки проекта, которые предусматривают льготы по налогу на прибыль для компаний, добывающих метан из угольных пластов, а также введение нулевой ставки налога на имущество организаций. *«Предложения пока обсуждаются», – добавил он.*

На заседании также было отмечено, что добыча метана из угольных пластов предполагает применение специальных технологий, которые требуют тщательной проработки вопросов безопасной отработки угольных пластов подземным способом после промышленной добычи метана. *«Нам*



*необходимо разрешить все технические и технологические вопросы, а также обеспечить плотное взаимодействие между угольными компаниями и ПАО «Газпром», – добавил Сергей Мочальников.*

Правительство Кемеровской области – Кузбасса создало специальную рабочую группу по этому вопросу, в состав которой вошли представители Минэнерго России.

## Меры поддержки нефтегазовой и угольной отраслей

19 апреля 2022 г. прошло заседание «круглого стола» Комитета Госдумы РФ по энергетике. Помощник руководителя Администрации Президента РФ Анатолий Яновский предложил при подготовке рекомендаций по поддержке отраслей ТЭК сфокусироваться именно на законодательстве, а также на вопросах, связанных с преодолением санкций и удержаться от соблазна начать расширять сразу все проблемные вопросы. Он также подчеркнул важность стимулирования инвестиций в ТЭК с учетом того, насколько инвестиционно-емкими являются энергетические отрасли.

Директор Департамента нефтегазового комплекса Антон Рубцов и директор Департамента угольной промышленности Петр Бобылев рассказали о мерах поддержки нефтегазовой и угольной отраслей.

*«Минэнерго совместно с Минфином прорабатываются возможные варианты изменения расчетов НДС, где важно найти баланс интересов бюджета и сохранить операционную рентабельность добычи и не потерять инвестиционный потенциал», – сообщил Антон Рубцов,* говоря о нефте-

газовой отрасли. Кроме этого, по его словам, в рамках антисанкционных мер прорабатывается вопрос установления уровня индексации предельного размера вычитаемых расходов для расчета НДС на уровне, сопоставимом с реальной промышленной инфляцией.

Также в числе ключевых мер Антон Рубцов обозначил необходимость сохранения и, при необходимости, увеличения системных экономических мер, таких как «демпфер», для сдерживания роста розничных цен на моторное топливо. Кроме того, необходимо перенос обязательств по срокам модернизации НПЗ по заключенным «инвестиционным соглашениям» и по «соглашениям о модернизации НПЗ». *«Напомню, что инвестиционные соглашения подписаны с 21-м НПЗ, в рамках которых предусмотрены ввод и реконструкция 50 технологических установок вторичной переработки нефти на сумму более 1 трлн руб.», – пояснил он.*

Петр Бобылев в свою очередь рассказал об основных задачах, которые стоят перед угольной отраслью в антисанкционный период. В частности,

по его словам, на сегодняшний день крайне важно обеспечить исполнение поручений Президента России в части вывоза угольной продукции из Кемеровской области – Кузбасса, Хакасии, Бурятии и Республики Тыва в полном объеме. *«В этой части нужно четко скорректировать и реализовать все вопросы, связанные с транспортной инфраструктурой», – сказал он.*

Директор Департамента угольной промышленности также отметил, что для отрасли важно обеспечивать сохранение объемов угля внутреннего потребления, экспортной базы и при этом обеспечивать социальную стабильность на угледобывающих предприятиях. *«Необходимо индексировать фонд оплаты труда горняков, обеспечить сохранение рабочих мест, условий труда и промышленной безопасности», – сказал он.*

Также, по словам Петра Бобылева, приоритетной задачей является обеспечение ТЭС и объектов ЖКХ необходимыми запасами твердого топлива. *«Мы уже готовимся к обеспечению углем для прохождения предстоящего отопительного сезона», – добавил он.*



# ИТОГИ РАБОТЫ угольной промышленности России за январь – март 2022 года\*

## Использованы данные источников:

ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА», Росстата, «Росинформуголь» – филиал ФГБУ «РЭА», ФТС России, Минэнерго России, ООО «Металл-Эксперт», ОАО «РЖД», пресс-релизы угольных компаний, литературные и интернет-источники.

Добыча угля в России в I квартале, млн т\*

75,4	83,0	91,1	97,9	107,9	108,2
2005	2010	2015	2020	2021	2022

\* По данным Росстата.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-6-16>

### ПЕТРЕНКО И.Е.

Горный инженер,  
кандидат технических наук,  
независимый горный консультант –  
эксперт (угольная промышленность),  
Почетный шахтер  
e-mail: [coaldepartment@inbox.ru](mailto:coaldepartment@inbox.ru)

### ШИНКИН В.К.

Магистр, консультант  
отдела развития рынка угля  
Департамента внешнеэкономического  
сотрудничества  
и развития топливных рынков  
Минэнерго России,  
129110, г. Москва, Россия,  
e-mail: [ShinkinVK@minenergo.gov.ru](mailto:ShinkinVK@minenergo.gov.ru)

На основе статистических, технико-экономических и производственных показателей представлен аналитический обзор итогов работы угольной промышленности России за январь – март 2022 года. Обзор сопровождается диаграммами, таблицами и обширными статистическими данными.

**Ключевые слова:** добыча угля, добыча угля для коксования, переработка угля, отгрузка угля, рынок угля, экспорт и импорт угля.

**Для цитирования:** Петренко И.Е., Шинкин В.К. Итоги работы угольной промышленности России за январь – март 2022 года // Уголь. 2022. № 6. С. 6-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-6-16>.

## ВВЕДЕНИЕ

Россия является одним из мировых лидеров по производству и экспорту угля, она занимает шестое место в мире по объемам угледобычи после Китая, США, Индии, Австралии и Индонезии (на долю России приходится около 5% мировой угледобычи) и третье место по экспорту угля после Индонезии и Австралии (на международном рынке на долю России приходится около 15%).

По сведениям Минэнерго России, запасы угля в РФ по состоянию на конец 2021 г. превышают 400 млрд тонн. Согласно данным Минприроды России, запасы угля в РФ расположены в границах 22 угольных бассейнов и 146 отдельных месторождений. Запасы каменного угля оцениваются в 120,4 млрд т (из которых 50,1 млрд т пригодны для коксования, запасы бурого угля – в 146 млрд тонн. Запасы антрацитов учитываются в объеме 9 млрд т. Порядка 174,6 млрд т (63%) запасов угля пригодны для условий открытой разработки.

По сведениям ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «Российское энергетическое агентство», фонд действующих угледобывающих предприятий России по состоянию на 01.03.2022 насчитывает 160 предприятий, в т.ч. 53 шахты и 107 разрезов. Суммарная производственная мощность угледобывающих предприятий на начало 2022 г. составляет 523 млн т угля в год.

В России уголь потребляется почти во всех субъектах Российской Федерации. Основные потребители угля на внутреннем рынке – это электростанции и коксохимические заводы. Из угледобывающих регионов самым круп-

\* По данным ежемесячной отчетности угледобывающих предприятий.



ным производителем и поставщиком угля является Кемеровская область – Кузбасс – в январе-марте 2022 г. здесь произведено более половины (51,0%) всего добываемо-

го угля в стране, а также 64,7% углей коксующихся марок. Кузбасс является также крупнейшим экспортером российского угля, в том числе для коксования.

## ДОБЫЧА УГЛЯ

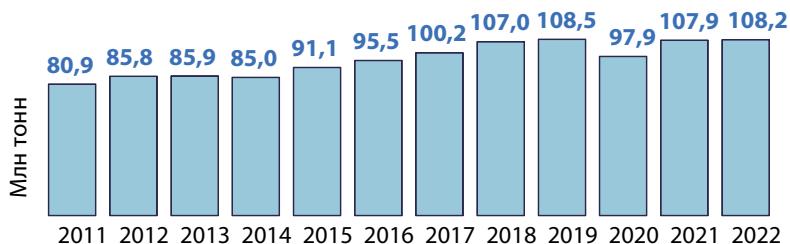
По данным Росстата, добыча угля в России в январе-марте 2022 г. составила 108,2 млн т. Она увеличилась по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. на 0,3 млн т, или на 0,3 процента

По отчетным данным угледобывающих компаний, добыча угля в январе-марте 2022 г. составила 110,4 млн т. Она увеличилась по сравнению с уровнем аналогичного периода 2021 г. на 1,6 млн т, или на 1,5 процента.

Подземным способом добыто 27,6 млн т угля (-2,6 млн т, или 91,5% к уровню аналогичного периода прошлого года). Проведено 95,1 км горных выработок (-17,4 км, или 84,5%), в том числе вскрывающих и подготавливающих выработок – 76,1 км (-14,9 км, или 83,6%). При этом уровень комбайновой проходки составляет 96,3% от общего объема проведенных выработок.

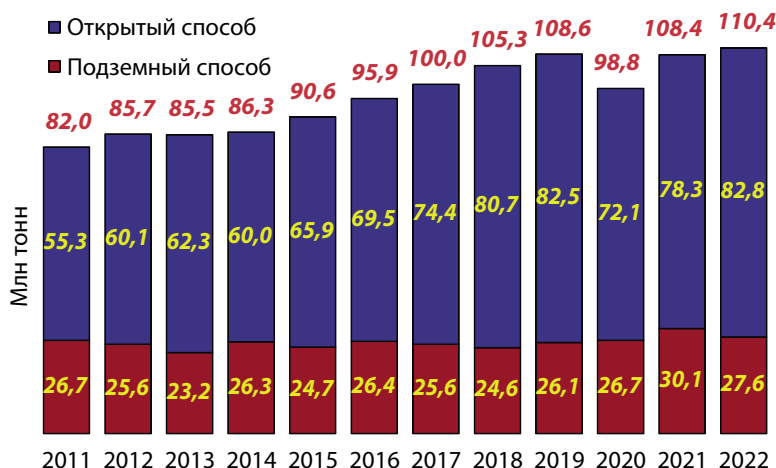
Добыча угля открытым способом составила 82,8 млн т (+4,2 млн т, или 105,4%). Доля открытого способа в общем объеме добычи угля составила 75,0% (+2,7% к уровню прошлого года). Объем вскрышных работ составил 562,6 млн м<sup>3</sup> (+91,2 млн м<sup>3</sup>, 119,3% к уровню аналогичного периода 2021 г.).

Добыча угля в России в январе-марте 2011-2022 гг.\*



\* По данным Росстата.

Добыча угля в России в январе-марте 2011-2022 гг. по способам добычи\*



\* По данным ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

## ДОБЫЧА УГЛЯ ПО УГОЛЬНЫМ БАСЕЙНАМ И ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ

В январе-марте 2022 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года добыча угля увеличилась в трех из пяти основных угольных бассейнов страны: в Канско-Ачинском бассейне – на 1,4 млн т, или +13,7% (добыто 11,8 млн т), в Южно-Якутском бассейне – на 2,4 млн т, или +38,1% (добыто 8,9 млн т) и в Печорском бассейне – на 0,6 млн т, или +27,8% (добыто 2,9 млн т). Снижение добычи угля отмечено в Донецком бассейне – на 0,4 млн т, или -21,2% (добыто 1,4 млн т) и в Кузнецком бассейне – на 1,6 млн т, или на -2,7% (добыто 56,3 млн т).

В январе-марте 2022 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года добыча угля возросла в трех из четырех федеральных округов России, осуществляющих добычу угля: в Северо-Западном ФО, где было добыто 3,0 млн т (рост на 27,2%), в Сибирском ФО – 83,7 млн т (рост на 1,0%) и в Дальневосточном ФО – 22,3 млн т (рост на 2,4%). Добыча угля снизилась только в Южном ФО, здесь было добыто 1,4 млн т (снижение на 21,2%).

Крупнейшие производители российского угля	Январь-март 2022 г., тыс. т	% к 2021 г.
АО «УК «Кузбассразрезуголь»	8447,6	96,0
АО «СУЭК-Кузбасс»	7720,4	91,7
Группа «Сибантрацит»	6388,7	133,3
АО «Разрез «Бородинский» им. М.И. Щадова (АО «СУЭК»)	6117,3	107,3
ООО «ЕвразХолдинг» (ООО «Распадская угольная компания»)	4768,7	73,5
ООО «УК «Эльга Уголь»	4485,2	160,9
АО «Стройсервис»	4271,3	111,2
АО «Русский Уголь»	3817,4	105,8
En+ Group	3569,4	102,2
АО ХК «СДС-Уголь»	3396,3	70,9
ПАО «Кузбасская Топливная Компания» (разрез «Виноградовский»)	3338,0	113,0
ООО «УК «Колмар»	3067,6	133,3
АО «Воркутауголь»	2931,2	127,8

Продолжение таблицы

Окончание таблицы

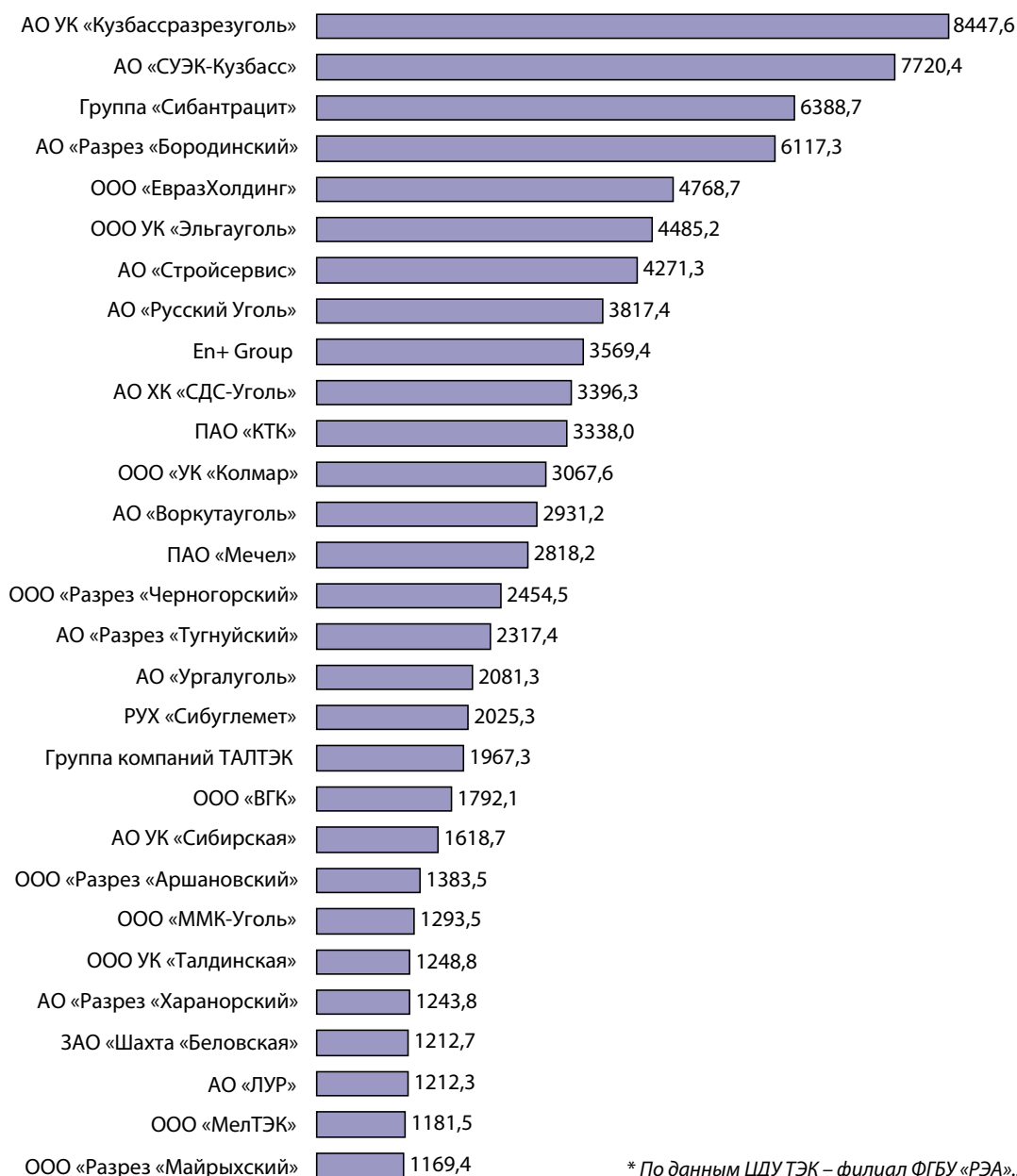
Крупнейшие производители российского угля	Январь-март 2022 г., тыс. т	% к 2021 г.
ПАО «Мечел»	2818,2	106,7
ООО «Разрез «Черногорский» (АО «СУЭК»)	2454,5	95,8
АО «Разрез «Тугнуйский» (АО «СУЭК»)	2317,4	67,0
АО «Ургалуголь» (АО «СУЭК»)	2081,3	70,7
РУХ «Сибуглемет»	2025,3	82,8
Группа компаний ТАЛТЭК	1967,3	96,0
ООО «Восточная Горнорудная Компания» (разрез «Солнцевский»)	1792,1	83,2
АО УК «Сибирская»	1618,7	132,7
ООО «Разрез «Аршановский»	1383,5	116,8
ООО «ММК-Уголь»	1293,5	100,9

Крупнейшие производители российского угля	Январь-март 2022 г., тыс. т	% к 2021 г.
ООО УК «Талдинская»	1248,8	83,5
АО «Разрез «Харанорский» (АО «СУЭК»)	1243,8	95,6
ЗАО «Шахта «Беловская»	1212,7	89,1
АО «ЛУР»	1212,3	124,6
ООО «МелТЭК»	1181,5	106,1
ООО УК «Разрез «Майрыхский»	1169,4	77,8

Источник: ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

Приведенные в таблице компании суммарно добыли в январе-марте 2022 г. 89339,4 тыс. т угля, что составляет 81,0% от общего объема угледобычи в России.

Рейтинг крупнейших российских производителей угля по результатам января-марта 2022 г., тыс. т\*



\* По данным ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА»..



**ДОБЫЧА УГЛЯ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ**

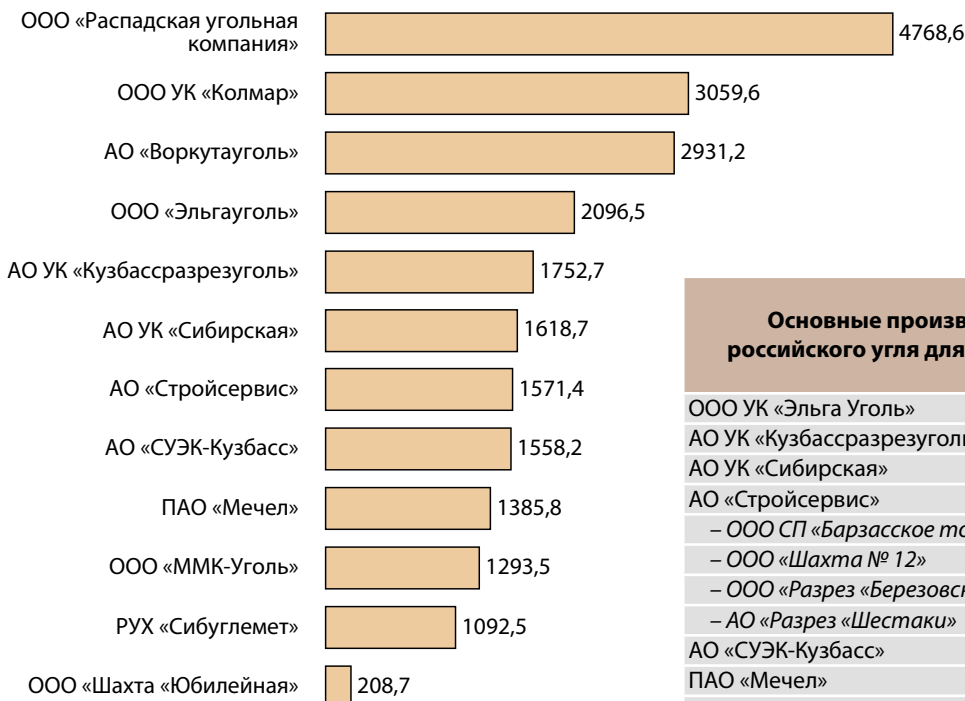
В январе-марте 2022 г. было добыто 25,5 млн т углей для коксования, что на 2,1 млн т, или на 8,8% выше уровня января-марта 2021 г. Доля углей для коксования в общей добыче составила только 23,5%. Здесь было добыто 16,5 млн т угля для коксования, что на 1,2 млн т ниже уровня прошлого года (93,3%). Доля Кузбасса в общей добыче углей для коксования в России составляет около 65 процентов. В Республике Саха (Якутия) было добыто 6,0 млн т угля для коксования (годом ранее было 3,5 млн т, рост на 72,8%). Добыча коксующегося угля в Печорском бассейне составила 2,9 млн т (3 мес. 2021 г. – 2,3 млн т, рост на 27,8%).

Добыча угля в России в январе-марте 2011-2022 гг. по видам углей\*



\* По данным ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

Рейтинг крупнейших российских производителей угля для коксования по результатам за январь-март 2022 г. (тыс. т)  
(По данным ЦДУ ТЭК)



Окончание таблицы

Основные производители российского угля для коксования	Январь-март 2022 г., тыс. т	% к 2021 г.
ООО УК «Эльга Уголь»	2096,5	613,9
АО УК «Кузбассразрезуголь»	1752,7	104,4
АО УК «Сибирская»	1618,7	132,7
АО «Стройсервис»	1571,4	149,4
– ООО СП «Барзасское товарищество»	469,3	119,4
– ООО «Шахта № 12»	378,8	118,3
– ООО «Разрез «Березовский»	454,1	138,1
– АО «Разрез «Шестаки»	269,2	221,9
АО «СУЭК-Кузбасс»	1558,2	103,0
ПАО «Мечел»	1385,8	106,7
– АО ХК «Якутуголь»	843,1	98,5
– ПАО «Южный Кузбасс»	542,7	107,7
ООО «ММК-Уголь»	1293,5	100,9
РУХ «Сибуглемет»	1092,5	90,0
– АО «Междуречье»	767,7	90,6
– АО «Шахта «Антоновская»	224,5	90,5
– АО «Шахта «Большевик»	100,3	88,8
ООО «Шахта «Юбилейная»	208,7	37,9

Источник: ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

Приведенные в таблице компании суммарно добыли в январе-марте 2022 г. 23337,4 тыс. т угля для коксования, что составляет 91,4% от общего объема добычи этого вида углей в России.

Основные производители российского угля для коксования	Январь-март 2022 г., тыс. т	% к 2021 г.
ООО «Распадская угольная компания»	4768,6	73,5
ООО УК «Колмар»	3059,6	133,3
– ГОК «Денисовский»	1286,6	93,3
– ГОК «Инаглинский»	1773,0	197,9
АО «Воркутауголь»	2931,2	127,8

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Общий объем переработки угля в январе-марте 2022 г. с учетом переработки на установках механизированной породовыборки составил 52,1 млн т (на 0,4 млн т, или на 0,8% ниже уровня аналогичного периода 2021 г.).

На обогатительных фабриках переработано 51,8 млн т (на 0,5 млн т, или на 0,9% ниже уровня аналогичного периода 2021 г.), в том числе для коксования – 23,7 млн т (на 0,7 млн т, или на 2,9% выше уровня первого квартала 2021 г.).

Выпуск концентрата составил 31,56 млн т (на 0,2 млн т, или на 0,9% меньше, чем годом ранее), в том числе для коксования – 14,3 млн т (на 0,2 млн т, или на 1,1% ниже уровня первого квартала 2021 г.).

Выпуск углей крупных и средних классов составил 4,6 млн т (на 0,4 млн т, или на 8,5% меньше, чем годом ранее), в том числе антрацитов – 0,7 млн т (на 112 тыс. т, или на 13,7% ниже уровня января-марта 2021 г.).

Динамика обогащения угля на обогатительных фабриках России в январе-марте 2011-2022 гг.\*



\* По данным ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

На установках механизированной породовыборки переработано 288,7 тыс. т угля (на 2,6 тыс. т, или на 0,9% выше уровня января-марта 2021 г.).

Переработка угля на обогатительных фабриках в январе-марте 2022 г., тыс. т

Бассейны, регионы	Всего			В том числе для коксования		
	1 квартал 2022 г.	1 квартал 2021 г.	К уровню 1 кв. 2021 г., %	1 квартал 2022 г.	1 квартал 2021 г.	К уровню 1 кв. 2021 г., %
<b>Всего по России</b>	<b>51754,4</b>	<b>52209,7</b>	99,1	<b>23674,0</b>	<b>23001,0</b>	102,9
Печорский бассейн	2829,0	2115,0	133,8	2829,0	2115,0	133,8
Донецкий бассейн	1016,0	1634,3	62,2			
Новосибирская область	1485,5	1351,1	109,9			
Кузнецкий бассейн	34068,3	34026,4	100,1	16792,5	17811,9	94,3
Республика Хакасия	3710,5	3792,1	97,8			
Иркутская область	664,9	587,5	113,2			
Забайкальский край	2056,3	3263,4	63,0			
Республика Саха (Якутия)	4052,5	3074,1	131,8	4052,5	3074,1	131,8
Хабаровский край	1871,4	2365,8	79,1			

Источник: ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

ОТГРУЗКА УГЛЯ

Угледобывающие предприятия России в январе-марте 2022 г. отгрузили потребителям 96,9 млн т угля (+2,4 млн т, 102,5% по сравнению с уровнем января-марта 2021 г.) – **это самый высокий показатель отгрузки угля в первом квартале за последнее десятилетие!**

Из всего отгруженного объема, по отчетным данным угледобывающих компаний, на экспорт направлено 47,0 млн т (-2,4 млн т, 95,2% относительно уровня января-марта 2021 г.).

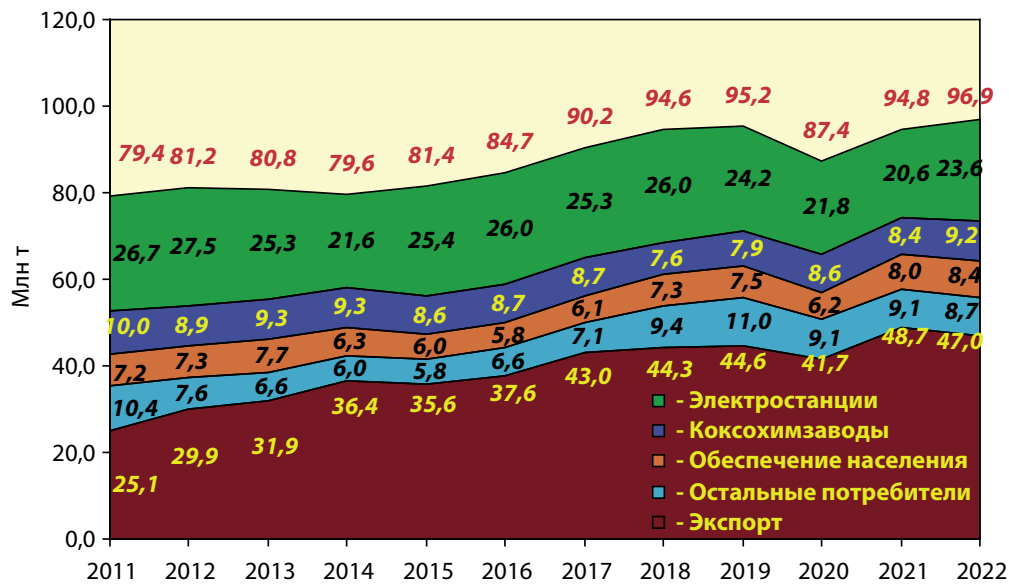
На внутренний рынок, по отчетным данным угледобывающих компаний, отгружено 49,9 млн т (+4,7 млн т, 110,5% к уровню января-марта 2021 г.).

По основным направлениям отгрузка угля на внутри-российский рынок распределилась следующим образом:

- обеспечение электростанций – 23,6 млн т (+2,8 млн т, 113,5% к уровню января-марта 2021 г.);
- нужды коксования – 9,2 млн т (+0,07 млн т, 100,8% к уровню января-марта 2021 г.);
- обеспечение населения, коммунально-бытовые нужды, агропромышленный комплекс – 8,4 млн т (+0,4 млн т, 105,1% к уровню января-марта 2021 г.);
- остальные потребители (нужды металлургии – энергетика, ОАО «РЖД», Минобороны России, Минюст России, МВД России, Минтранс России, ФПС, атомная промышленность, Росрезерв, цементные заводы и др.) – 8,7 млн т (+1,4 млн т, 119,2% к уровню января-марта 2021 г.).



Отгрузка российских углей основным потребителям  
в январе-марте 2011-2022 гг.\*



\* По данным ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

### ЗАВОЗ И ИМПОРТ УГЛЯ

Завоз и импорт угля в Россию в январе-марте 2022 г. составили 5,4 млн т и увеличились по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. на 1,2 млн т (+28,1%).

Завозится и импортируется в основном энергетический уголь (поставлено 5,3 млн т) и немного коксующегося (155,3 тыс. т). Практически весь уголь (99,7%) завозится из Казахстана.

С учетом завоза и импорта на российские электростанции отгружено 28,8 млн т энергетического угля (+4,2 млн т,

117,1% к уровню января-марта 2021 г.), коксующегося угля на нужды коксования отгружено 9,3 млн т (-0,2 млн т, 98,4% к уровню января-марта 2021 г.).

Всего на российский рынок в январе-марте 2022 г. отгружено с учетом завоза и импорта 55,4 млн т, что на 5,9 млн т, или на 12,0% больше, чем годом ранее.

При этом доля завозимого (в том числе импортного) угля в общем объеме отгрузки угля на российский рынок составляет 9,7 процента.

### ЭКСПОРТ УГЛЯ

Объем экспорта российского угля в январе-марте 2022 г., по отчетным данным угледобывающих компаний, составил 47,0 млн т, по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. он снизился на 2,4 млн т, или на 4,8 процента.

В январе-марте 2022 г. доля экспорта российских углей составила 48,5% в общем объеме отгрузки. Основная доля экспорта приходится на энергетические угли – 42,1 млн т (89,6% угольного экспорта), доля коксующихся углей (4,9 млн т) в общем объеме экспорта составила 10,4%. Основным поставщиком угля на экспорт является Сибирский ФО (отгружено 37,1 млн т, что составляет 78,9% общего угольного экспорта), в том числе доля Кузбасса составляет 28,8 млн т, или 61,3% общего угольного экспорта.

Динамика экспорта российского угля по видам углей,  
по отчетным данным угледобывающих компаний,  
в январе-марте 2011-2022 гг.\*



\* По данным ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

Экспортные цены на уголь в 2021-2022 г., USD/т

Направления	2021			2022		
	Окт.	Нояб.	Дек.	Янв.	Фев.	Март
<b>Энергетический уголь</b>						
FOB Балтика	206	149	144	161,5	186,3	313,0
FOB Восточный	234	172	139	229,3	243,7	270,2
Австралия, FOB Ньюкасл	218	159	167	231,0	254,2	328,3
ЮАР, FOB Ричардс Бей	206	141	136	172,3	205,6	334,8
Европа, CIF АРА	214	141	138	166,9	194,0	324,6
Колумбия, FOB Боливар	185	133	127	153,3	188,3	315,8
<b>Коксующийся уголь</b>						
Австралия, FOB Квинсленд	399	374	335	399	447	554
<b>Кокс металлургический</b>						
Китай, FOB	615	535	466	516,9	530,6	677,5

Источник: Агентство «Металл Эксперт».

Из общего объема экспорта основной объем угля отгружался в страны дальнего зарубежья – 45,3 млн т (96,4% общего объема экспорта). В страны ближнего зарубежья поставлено 1,7 млн т (3,6% общего объема экспорта).

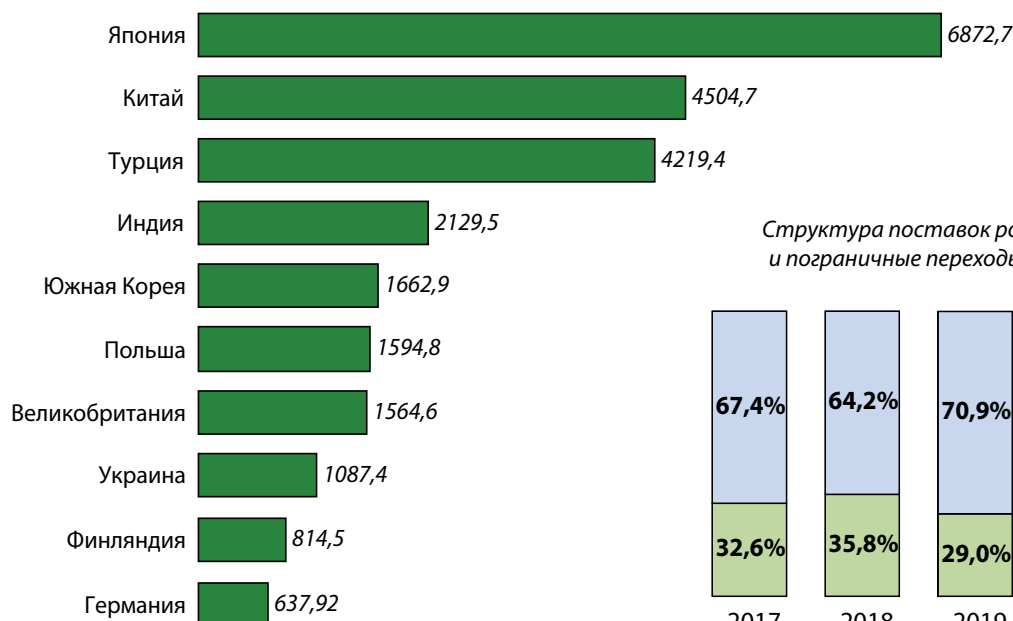
Сокращение объемов экспорта российского угля в январе-марте 2022 г. произошло вследствие снижения объемов поставок российского угля в ряд стран (Евросоюз и прочие страны Европы, Япония, Южная Корея и др.) в рамках антироссийских санкций. Общий объем сокращения экспорта российского угля в указанные страны составляет 7,7 млн тонн. Однако с учетом общего сокращения объема российского угольного экспорта на 2,4 млн т рост объема экспорта по другим направлениям поставок российского угля составляет 5,3 млн т. Это означает, что далеко не все страны мира присоединились к антироссийским санкциям, и перспективы у российского угольного экспорта достаточно обнадеживающие.

Цены мирового рынка на энергетический уголь с начала 2022 г. показали весьма значительный прирост по отношению к уровню цен прошлых периодов. Так, в марте по сравнению с февралем цены на энергетический уголь показали рост на всех основных мировых торговых площадках: Европы (CIF АРА) – на 67,3%, Австралии (FOB Ньюкасл) – на 29,2%, ЮАР (FOB Ричардс Бей) – на 62,8%, Колумбии (FOB Боливар) – на 67,7 процента.

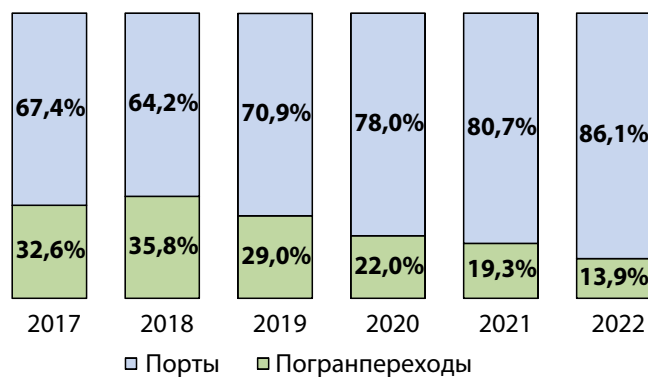
Цена на коксующийся уголь на торговой площадке Австралии (FOB Квинсленд) выросла на 23,9 процента.

**Общий объем вывезенного на экспорт российского угля в январе-марте 2022 г., по данным ОАО «РЖД», составил 49,8 млн тонн.** Это на 1,0 млн т, или на 2,1% меньше, чем годом ранее. Из всего вывезенного объема угля через морские порты отгружено 42,9 млн т (86,1% общего объема вывоза) и через пограничные переходы – 6,9 млн т (13,9%).

Рейтинг стран – основных импортеров российского угля в январе-марте 2022 г., тыс. т\*



Структура поставок российского угля через порты и пограничные переходы в I квартале 2017-2022 гг.\*



\* По данным ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

\* По данным ОАО «РЖД».



## Экспорт российского угля в январе-марте 2022 г., тыс. т

Крупнейшие компании – экспортеры угля	1 кв. 2022 г.	Уровень к 1 кв. 2021 г., %
АО «СУЭК»	8641,8	81,1
АО «УК «Кузбассразрезуголь»	7175,4	121
<b>Группа «Сибантрацит»:</b>	<b>5255,4</b>	<b>133,8</b>
– АО «Сибирский Антрацит»	2191,1	130,6
– ООО «Разрез Кийзасский»	1566,5	86,1
– ООО «Разрез Восточный»	1497,8	184,6
ООО «УК «Эльгауголь»	4182,8	153,9
АО ХК «СДС-Уголь»	1881,3	67,8
АО «Стройсервис»	1876,7	89,6
ООО «Распадская УК»	1711,1	85,6
АО «Кузбасская ТК»	1606,2	91,6
ООО «УК «Колмар»	1315,4	175,2
ООО «УК Талдинская»	1115,5	94,2
ООО «Ресурс»	1023,3	77,7
ПАО «Мечел»:	1001,5	77,2
– ПАО «Южный Кузбасс»	624,6	87,5
– АО ХК «Якутуголь»	376,9	66,9
ГК ТАЛТЭК	976,5	95,1
АО «Русский Уголь»	912,2	77,5
ООО «УК «Разрез Майрыхский»	910,5	72,8
ООО «Разрез Аршановский»	887,4	86,4
ЗАО «Шахта Беловская»	557,5	106,1
РУХ «Сибуглемет»	497,4	71,6
ООО «МелТЭК»	383,1	84,5
ООО «Инвест-Углесбыт»	327,0	90,2
АО «Кузнецкинвестстрой»	323,5	89,2
ООО «Горняк-1»	294,9	59,6
АО ш/у «Обуховская»	280,1	49,6
ООО «Разрез «Бунгурский-Северный»	260,5	68,0
ООО ш/у «Садкинское»	225,9	65,2

Источник: ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

В России крупнейшими компаниями-экспортерами угля по итогам января-марта 2022 г. являются: АО «СУЭК», АО «УК «Кузбассразрезуголь», Группа «Сибантрацит», ООО «УК «Эльга Уголь», АО ХК «СДС-Уголь», АО «Стройсервис», ООО «Распадская угольная компания», АО «Кузбасская Топливная Компания» и др. Основными поставщиками коксующихся углей на экспорт являются: ООО «УК «Эльгауголь», АО ХК «Якутуголь» (ПАО «Мечел»), АО «СУЭК-Кузбасс», ООО «Распадская УК», АО «УК «Кузбассразрезуголь» (УГМК) и др.

По данным Управления статистики ООН (UN Statistic Division), экспорт российского угля в настоящее время осуществляется в 77 стран. При этом основная часть (96,4%) российского угольного экспорта приходится на страны дальнего зарубежья.

Экспорт российского угля в январе-марте 2022 г., по данным ОАО «РЖД», составил 49789,15 тыс. т, что на 1057,02 тыс. т меньше, чем годом ранее (97,9%).

Крупнейшие страны – импортеры российского угля	1 кв. 2022 г.	Уровень к 1 кв. 2021 г., %
Япония	6872,72	88,6
Китай	4504,65	85,4
Турция	4219,37	141,6
Индия	2129,46	433,1
Республика Корея	1662,94	72,4
Польша	1594,80	112,6
Великобритания	1564,64	46,0
Украина	1087,40	40,0
Финляндия	814,45	104,4
Германия	637,92	56,5

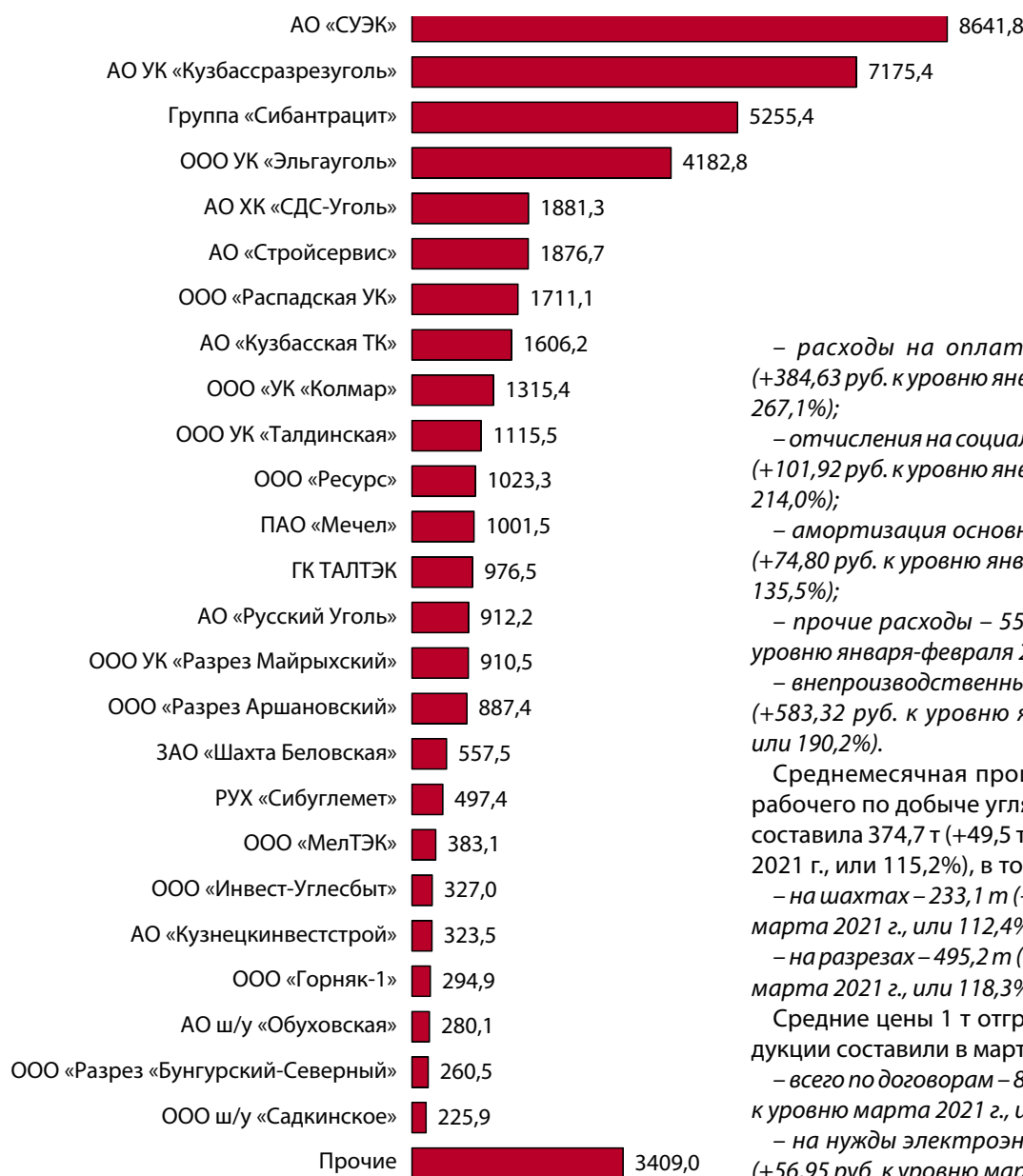
Источник: ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА».

Из данных таблицы и диаграммы следует, что количество стран – крупных импортеров российского угля в январе-марте 2022 г. существенно сократилось. С одной стороны, указанное сокращение обусловлено антироссийскими санкциями, введенными вследствие начала специальной военной операции на Украине. С другой стороны, перечень крупнейших импортеров российского угля поистине парадоксален – главные наши недружественные страны, типа Великобритании, Германии и Польши, фигурируют в данном перечне, невзирая на санкции (в США российский уголь практически не поставляется). А Украина, на территории которой Россия проводит специальную военную операцию, исправно получает более 1 млн т российского угля в квартал. С большой долей вероятности можно утверждать, что в ближайшем будущем эта ситуация кардинально изменится.

Выше уже говорилось, что объем сокращения экспорта российского угля в страны Европы в январе-марте 2022 г. составил 7,7 млн т. Однако с учетом общего сокращения объема российского угольного экспорта на 2,4 млн т рост объема экспорта по другим направлениям поставок российского угля составляет 5,3 млн т. Это означает, что далеко не все страны мира присоединились к антироссийским санкциям, в то же время рост поставок российского угля в азиатском направлении не покрывает снижение объемов экспорта в европейском сегменте. Вместе с тем именно с сегментом Азии эксперты связывают основные ожидания по перетоку объемов угля из Европы в Азию. В частности, в январе-марте 2022 г. Индия увеличила объемы российских угольных поставок в четыре с лишним раза по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Китай в настоящее время ведет с Российской Федерацией переговоры по заключению контракта на поставку 100 млн т российского угля до конца 2022 г.

Что касается финансовой стороны вопроса, то с учетом небывало высоких цен мирового рынка как на энергетический, так и на коксующийся уголь, даже при сокращении физических объемов экспорта российского угля, выручка от его реализации все равно возрастет по сравнению с уровнем 2021 г., причем весьма существенно.

Рейтинг основных экспортёров российского угля за январь-март 2022 г., по отчетным данным угледобывающих компаний, тыс. т, (всего экспортировано 47031,9 тыс. т)\*



\* По данным ЦДУТЭК – филиал ФГБУ «РЭА»

– расходы на оплату труда – 614,77 руб. (+384,63 руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 267,1%);

– отчисления на социальные нужды – 191,35 руб. (+101,92 руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 214,0%);

– амортизация основных фондов – 285,47 руб. (+74,80 руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 135,5%);

– прочие расходы – 558,95 руб. (+402,63 руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 357,6%);

– внепроизводственные расходы – 1230,02 руб. (+583,32 руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 190,2%).

Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля в январе-марте 2022 г. составила 374,7 т (+49,5 т к уровню января-марта 2021 г., или 115,2%), в том числе:

– на шахтах – 233,1 т (+25,7 т к уровню января-марта 2021 г., или 112,4%);

– на разрезах – 495,2 т (+76,5 т к уровню января-марта 2021 г., или 118,3%).

Средние цены 1 т отгруженной угольной продукции составили в марте 2022 г.:

– всего по договорам – 8061,86 руб. (+3301,61 руб. к уровню марта 2021 г., или 245,2%);

– на нужды электроэнергетики – 2039,62 руб. (+56,95 руб. к уровню марта 2021 г., или 104,1%);

– на нужды коксования – 18298,15 руб. (+11051,46 руб. к уровню марта 2021 г., или 346,9%);

– на нужды ЖКХ, АПК и населения – 2771,73 руб. (+2459,98 руб. к уровню марта 2021 г., или 232,9%).

Средняя численность работников по основному виду деятельности в январе-марте 2022 г. составила 141283 человека (+1115 человек к уровню января-марта 2021 г., или 100,8%).

Среднесписочная численность рабочих по добыче угля в январе-марте 2022 г. составила 82724 человека (-3257 человек к уровню января-марта 2021 г., или 96,2%), в том числе:

– на шахтах – 38011 человек (-38 человек к уровню января-марта 2021 г., или 99,9%);

– на разрезах – 44713 человек (-3219 человек к уровню января-марта 2021 г., или 93,3%).

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ЧИСЛЕННОСТЬ И ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА

Отгрузка товаров собственного производства угледобывающими и углеперерабатывающими предприятиями отрасли в фактических ценах (без НДС) за январь-март 2022 г. составила 682,5 млрд руб. (+407,9 млрд руб. к уровню января-марта 2021 г., или 248,5%).

Полная себестоимость добычи 1 т угля в январе-феврале 2022 г. составила 4948,29 руб. (+2720,30 руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 181,9%), в том числе по элементам затрат:

– материальные затраты – 2067,73 руб. (+1173,00 руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 231,1%);

Среднемесячная заработная плата одного работника угольной отрасли составила в январе-марте 2022 г. 83669,6 руб. (+19246,1 руб. к уровню января-марта 2021 г., или 129,9%), в том числе:

– среднемесячная заработная плата одного рабочего по добыче угля – 72394,9 руб. (+16428,6 руб. к уровню января-марта 2021 г., или 129,4%);

– среднемесячная заработная плата одного работника инженерно-технического персонала – 101178,3 руб. (+19993,6 руб. к уровню января-марта 2021 г., или 124,6%);

– среднемесячная заработная плата одного работника административно-управленческого аппарата –

167691,2 руб. (+48825,7 руб. к уровню января-марта 2021 г., или 141,1%).

Задолженность по выплате заработной платы на угледобывающих и углеперерабатывающих предприятиях отрасли по состоянию на 01.04.2022 составила 325,9 млн руб., в том числе:

– Кемеровская область – 195,3 млн руб. (ООО «Разрез «Киселевский» – 53,3 млн руб., АО «Шахта «Полосухинская» – 142,0 млн руб.);

– Приморский край – 130,6 млн руб. (ООО «Приморскуголь» – 130,6 млн руб.).

## ФИНАНСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Совокупная прибыль угледобывающих предприятий (до налогообложения) составила в январе-феврале 2022 г. 193,1 млрд руб. (+168,8 млрд руб. к уровню января-февраля 2021 г., или в 8 раз).

Дебиторская задолженность угледобывающих предприятий составила в январе-феврале 2022 г. 599,5 млрд руб. (+206,8 млрд руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 152,7%), в том числе просроченная – 80,7 млрд руб.

(+14,8 млрд руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 122,4%).

Кредиторская задолженность угледобывающих предприятий составила в январе-феврале 2022 г. 422,4 млрд руб. (+25,7 млрд руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 106,5%), в том числе просроченная – 44,2 млрд руб. (-3,1 млрд руб. к уровню января-февраля 2021 г., или 93,4%).

## РЕЗЮМЕ

### Основные показатели работы угольной отрасли России за январь-март 2022 г.

Показатели	1 квартал 2022 г.	1 квартал 2021 г.	К уровню 1 кв. 2021, %	
Добыча угля, по данным Росстата, всего, тыс. т	108247,0	107910,0	100,3	↑
Добыча угля, по данным ЦДУ ТЭК, всего, тыс. т:	110356,5	108722,3	101,5	↑
– в т.ч. подземным способом, тыс. т	27549,4	30121,1	91,5	↓
– в т.ч. открытым способом, тыс. т	82807,1	78601,2	105,4	↑
Добыча угля для коксования, тыс. т	25526,6	23458,6	108,8	↑
Переработка угля, всего, тыс. т:	52043,1	52495,8	99,1	↑
– в т.ч. на обогатительных фабриках, тыс. т	51754,4	52209,7	99,1	↓
– в т.ч. на установках механизированной породовыборки, тыс. т	288,7	286,1	100,9	↑
Отгрузка российских углей, всего, тыс. т	96951,2	94587,8	102,5	↑
– из них потребителям России (по данным ЦДУ ТЭК), тыс. т	49919,3	45185,3	110,5	↑
– экспорт угля (по данным ЦДУ ТЭК), тыс. т	47031,9	49402,5	95,2	↓
Экспорт угля (по данным ОАО «РЖД»), млн т	49,8	50,8	97,9	↓
– в том числе через морские порты, млн т	42,9	41,0	104,6	↑
– в том числе через сухопутные погранпереходы, млн т	6,9	9,8	70,4	↓
Завоз и импорт угля, тыс. т	5434,4	4243,4	128,1	↑
Отгрузка угля потребителям России с учетом завоза и импорта (по данным ЦДУ ТЭК), тыс. т	55353,6	49428,7	112,0	↑
Полная себестоимость добычи 1 т угля, руб.	4948,29	2227,99	222,1	↑
Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля, т/мес.	374,7	325,2	115,2	↑
– в том числе на шахтах, т/мес.	233,1	207,4	112,4	↑
– в том числе на разрезах, т/мес.	495,2	418,7	118,3	↑
Средняя цена 1 т угля, всего по договорам, руб./т	8061,86	3287,87	245,2	↑
– средняя цена 1 т угля на нужды электроэнергетики, руб./т	2039,62	1959,29	104,1	↑
– средняя цена 1 т угля на нужды коксования, руб./т	18298,15	5274,76	346,9	↑
– средняя цена 1 т угля на нужды ЖКХ, АПК и населения, руб./т	2771,73	1190,09	232,9	↑
Средняя численность работников по основному виду деятельности, чел.	141283	140168	100,8	↑
Среднесписочная численность рабочих по добыче угля, чел.	82724	85981	96,2	↓
– в том числе на шахтах, чел.	38011	38049	99,9	↓
– в том числе на разрезах, чел.	44713	47932	93,3	↓



Показатели	1 квартал 2022 г.	1 квартал 2021 г.	К уровню 1 кв. 2021, %	
Среднемесячная заработная плата одного работника, руб.	83670,0	64424,0	129,9	↑
– среднемесячная зарплата рабочего по добыче угля, руб.	56597,7	52498,3	107,8	↑
– среднемесячная зарплата ИТР, руб.	81327,3	74689,3	108,9	↑
– среднемесячная зарплата работника аппарата управления, руб.	119691,2	108149,9	110,7	↑
Задолженность по заработной плате, млн руб.	325,9	146,2	222,9	↑
Среднесуточная добыча угля из одного действующего очистного забоя, т	5163,0	5572,0	92,7	↓
Среднесуточная добыча угля из одного комплексно-механизированного забоя, т	4964,0	5611,0	88,5	↓
Проведение подготовительных выработок, тыс. м	95,1	112,5	84,5	↓
– в том числе вскрывающих и подготавливающих	76,1	91,0	83,6	↓
Проведение горных выработок комбайнами, тыс. м	91,6	107,8	85,0	↓
Вскрышные работы, тыс. м <sup>3</sup>	562641,0	471459,0	119,3	↑

### Список литературы

1. Яновский А.Б. Уголь: битва за будущее // Уголь. 2020. № 8. С. 9-14. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-8-9-14.
2. Петренко И.Е. Уголь России – год рекордов и юбилеев // ТЭК России. 2018. № 2. С. 26-31.
3. Петренко И.Е. Уголь России – 2018: впечатляющие победы и скрытые угрозы // ТЭК России. 2019. № 3. С. 24-29.
4. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2019 года // Уголь. 2020. № 3. С. 54-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69.
5. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2020 года // Уголь. 2021. № 3. С. 27-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-3-27-43.
6. Петренко И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2021 года // Уголь. 2022. № 3. С. 9-23. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-09-23.

### Original Paper

UDC 622.33(470):658.155 © I.E. Petrenko, V.K. Shinkin, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 6-16. (In Russ.).  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-6-16>

### Title

**RUSSIA'S COAL INDUSTRY PERFORMANCE FOR JANUARY – MARCH, 2022**

### Authors

Petrenko I.E., Shinkin V.K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ministry of Energy of the Russian Federation, Moscow, 129110, Russian Federation

### Authors Information

**Petrenko I.E.**, Mining Engineer, PhD in Engineering Sciences, Independent Mining Consultant – Coal Sector Expert, Honorary Miner, e-mail: [coaldepartment@inbox.ru](mailto:coaldepartment@inbox.ru)

**Shinkin V.K.**, Master, Consultant at Coal Market Development Unit, Department for External Economic Cooperation and Fuel Market Development, e-mail: [ShinkinVK@minenergo.gov.ru](mailto:ShinkinVK@minenergo.gov.ru)

### Abstract

The article provides an analytical review of Russia's coal industry performance for January – March, 2022 on the basis of statistical, technical, economic and production figures. The review was compiled using data from the Central Dispatch Department of the Fuel and Energy Complex – branche of the Russian Energy Agency, Rosstat, Rosinformugol – branche of the Russian Energy Agency, the Coal Industry Department of the Ministry of Energy of Russian Federation and press coal company releases. Based on statistical, technical, economic and production indicators, an analytical review of the results of the Russian coal industry is accompanied by charts, diagrams, tables and extensive statistics.

### Keywords

Coal production, Economy, Efficiency, Coal processing, Coal market, Supply, Coal exports and imports.

### References

1. Yanovsky A.B. Coal: the battle for the future. *Ugol'*, 2020, (8), pp. 9-14. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-8-9-14.
2. Petrenko I.E. Coal of Russia – the year of records and anniversaries. *TEK Rossii*, 2018, (2), pp. 26-31.
3. Petrenko I.E. Coal of Russia – 2018: impressive victories and hidden threats. *TEK Rossii*, 2019, (3), pp. 24-29.
4. Tarazanov I.G. & Gubanov D.A. Russia's coal industry performance for January – December, 2019. *Ugol'*, 2020, (3), pp. 54-69. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69.
5. Tarazanov I.G. & Gubanov D.A. Russia's coal industry performance for January – December, 2021. *Ugol'*, 2021, (3), pp. 27-43. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-3-27-43.
6. Petrenko I.E. Russia's coal industry performance for January – December, 2021. *Ugol'*, 2022, (3), pp. 9-23. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-09-23.

### For citation

Petrenko I.E. Shinkin V.K. Russia's coal industry performance for January – March, 2022. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 6-16. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-6-16>.

### Paper info

Received May 11, 2022

Reviewed May 15, 2022

Accepted May 23, 2022

## СУЭК помогла ветерану угольной промышленности издать книгу воспоминаний

Книга под названием «Записки ветерана: воспоминания и размышления» увидела свет в одном из издательств Красноярска. Ее автор – Владимир Павлович Шорохов, специалист угольной отрасли с более чем 50-летним стажем, полный кавалер знака «Шахтерская слава», Почетный работник угольной промышленности, Ветеран труда. Профессиональный путь начал в 1960 г. в комбинате «Кузбассуголь». В 1977 г. он был переведен в ПО «Красноярскуголь». В объединении Владимир Павлович много сделал для укрепления маркшейдерских служб на предприятиях, курировал проекты по детальной разведке угольных месторождений Канско-Ачинского бассейна, участвовал в разработке проектов реконструкции Бородинского, Назаровского и Березовского разрезов, во внедрении технологий переработки бурых углей. На заслуженный отдых вышел в 2013 г. в должности помощника технического директора АО «СУЭК-Красноярск».

*«Возраст диктует свои условия – хочется что-то вспомнить, что-то оценить и, самое главное, выразить слова благодарности людям, с которыми я работал, у которых я учился», – говорит Владимир Павлович Шорохов.*

Одним из первых читателей книги «Записки ветерана» стал **генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» Андрей Витальевич Федоров**. *«С большим удовольствием прочитал воспоминания Владимира Павловича Шорохова, – поделился он впечатлениями. – Его труды – это всегда живая история, огромный профессиональный опыт, уроки мудрости и мастерства. Авторские работы Владимира Павловича уже легли в основу изданных «СУЭК-Красноярск» книг о становлении угольной отрасли в Красноярском крае, о развитии угледобывающих предприятий региона, работающих сегодня под крылом СУЭК, крупнейшей в мире угольной энергетической компании – эти книги есть сегодня во многих библиотеках, учебных заведениях, музеях края. Я искренне благодарю Владимира Павловича за неравнодушие, созидание, искренность и бесконечную верность шахтерской профессии, которую он хранит даже после выхода на заслуженный отдых, подавая пример молодым поколениям горняков».*

В СУЭК с большим вниманием относятся к сохранению истории предприятий угольной промышленности и ее тружеников, тех, для кого профессия горняка стала делом жизни. По инициативе СУЭК изданы и переданы в библиотеки Красноярска и шахтерских территорий книги о предприятиях Компании в крае, «История тепла: уголь Красноярского края» о становлении отрасли в регионе, «Герои войны – герои СУЭК» о горняках-фронтовиках и тружениках тыла, «Шахтерская азбука» – уникальный букварь, созданный самими угольщиками и их семьями. СУЭК также неоднократно оказывала финансовую помощь при издании авторских книг ветеранам, одна из них – «Живая память» Анатолия Решетя, одного из первостроителей Бородинского разреза, сегодня является одной из самых читаемых в Бородино.



Заместитель генерального директора – руководитель службы промышленной безопасности, экологии, охраны и медицины труда АО «СУЭК-Красноярск» **Виталий Иосифович Ливандовский**, Почетный работник угольной промышленности, Ветеран труда **Владимир Павлович Шорохов**, генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» **Андрей Витальевич Федоров** (слева направо)

## АО ХК «СДС-Уголь» отмечает 10-летие ООО «Шахтоуправление «Майское» (разрез «Первомайский»)

3 мая 2012 г. состоялось официальное открытие предприятия. В первый же год работы ООО «Шахтоуправление «Майское» объемом добычи угля превысил 2 млн т. Перед запуском разреза, расположенного на участке Соколовского каменноугольного месторождения, построили высоковольтную ЛЭП-110 кВ, две подстанции, 25 км технологической дороги до станции «Терентьевская», оснастили предприятие высокопроизводительным оборудованием. Инвестиции составили 3 млрд руб.

За первое десятилетие работы предприятие добилось многого. По итогам месячника безопасного высокопроизводительного труда в 2018 г. ООО «Шахтоуправление «Майское» стало лучшим предприятием с открытой добычей угля в Кемеровской области.

Экипаж экскаватора P&N 2800 разреза «Первомайский» под руководством Андрея Лаптева в октябре 2018 г. установил мировой рекорд: отгружено в автотранспорт 66 783 куб. м горной массы в сутки. Этот же коллектив стал лучшим в рамках областного конкурса «Кузбасс – угольное «сердце» России» в номинации «Лучшая экскаваторная бригада разреза – 2021».

1 августа 2019 г. на разрезе «Первомайский» экипаж ЭКГ-18 № 17 отгрузил в автотранспорт рекордные 44,5 тыс. куб. м горной массы за сутки. Достижение выдающегося показателя для данного класса машин официально подтверждено компанией-производителем оборудования УК «УЗМТ-Картекс». По итогам 2019 г. бригада Сергея Коновалова, работающая на этом экскаваторе, отгрузила 7,4 млн куб. м горной массы.

В 2021 г. водитель автомобиля «БелАЗ» Данил Кононов признан победителем Всероссийского интеллектуального тур-

# СДС УГОЛЬ

нира «Труд – Знания – Безопасность» и вошел в топ-100 водителей большегрузной техники по его итогам.

Сегодня в парке ООО «Шахтоуправление «Майское» 23 экскаватора, в том числе ЭШ 13/50 и ЭКГ-18 отечественного производства, а также импортные P&N 2800 XPC и Hitachi EX 5500 и EX 3600 с ковшами большой вместимостью; 58 технологических автосамосвалов, в том числе «БелАЗ» грузоподъемностью 130-240 т, Liebherr T264 и CAT 777, а также бульдозеры, грейдеры и другая вспомогательная техника.

Здесь внедрены автоматизированная система диспетчеризации «Карьер», полная диспетчеризация автотранспорта с помощью спутниковых модулей GPS и ГЛОНАСС, а также системы промышленного телевидения.

Как социально ориентированное предприятие ООО «Шахтоуправление «Майское» построило дома для сотрудников, а также детский сад в поселке Октябрьский и школу в поселке Бурлаки Прокопьевского района.

*«За 10 лет работы мы добились многого в производстве, но главное наше достижение – формирование слаженного высокопрофессионального коллектива. Многие пришли сюда еще до запуска предприятия и ударно работают по сей день, получая заслуженные награды. Есть и трудовые династии. Уверен, впереди у нас еще немало рекордов и достижений», – говорит директор ООО «Шахтоуправление «Майское» Константин Гринвальд.*



Бригада Андрея Лаптева, 2021 г.



## Шахта «Распадская-Коксовая» запустила в работу новую технику

На шахте «Распадская-Коксовая» Распадской угольной компании (РУК, управляет угольными активами ЕВРАЗа) обновили парк подземного оборудования. В работе задействованы два проходческих комбайна, четыре буровых установки, грузовой дизелевоз и маневровая тележка.

Новые комбайны – избирательного типа и могут готовить выработку любой формы. Машины оборудованы пультом управления и крепеукладчиком – устройством, которое помогает проходчикам навешивать металлокрепь. Также на комбайнах установлены видеокамеры и система позиционирования. При обнаружении в зоне действия постороннего человека техника автоматически отключается. Сейчас горняки с их помощью приступили к подготовке лавы № 3-2-2 бис с балансовыми запасами 628 тыс. т.

Современные буровые установки помогут своевременно и качественно производить дегазацию угольных пластов. Максимальная длина скважины – 250 м.

Для транспортировки оборудования на предприятие поступили 2 новых дизелевоза. Маневровая тележка на радиоуправлении доставляет не крупногабаритный груз (до 8 т в общем) в забой. Второй дизелевоз задействован в де-

монтаже и вывозе на поверхность 131 секции крепи из отработанной лавы.

В 2021 г. на шахте «Распадская-Коксовая» запустили в работу подменный добычный комплекс. Пока коллектив добычного участка работает в очистном забое № 3-4-1 бис, второй механизированный комплекс капитально отремонтируют и смонтируют в лаве № 3-2-2 бис. К его отработке горняки приступят осенью 2022 г.



Грузоподъемность нового дизелевоза – 36 т.

## Шахта «Усковская» запустила в работу новую лаву

На шахте «Усковская» Распадской угольной компании (РУК, управляет угольными активами ЕВРАЗа) ввели в промышленную эксплуатацию лаву с запасами 2,5 млн т угля.

В рамках подготовки лавы № 48-06 пройдено 7 км горных выработок, проведен комплекс монтажных и горно-

капитальных работ. Отработка запасов ведется на глубине 220 м. Безопасность угледобычи обеспечивается дегазацией в купол обрушения выработанного пространства. Также применяются два вида пластовой дегазации: традиционным способом и длинными скважинами направленного бурения. Для предотвращения горных ударов и снижения пылеобразования в границах выемочного блока используются дополнительные разгрузочные скважины и системы пылеподавления.

Для предотвращения горных ударов и снижения пылеобразования в границах выемочного блока используются дополнительные разгрузочные скважины и системы пылеподавления.

В очистном забое трудится один из лучших шахтерских коллективов угольной компании – бригада Антона Рыбалченко с участка по добыче угля № 5. Горняки уже вывели лаву на плановую нагрузку. В мае она составит 250 тыс. т угля, но цель – добывать 290 тыс. т ежемесячно.

На «Усковской» добывают коксующийся уголь марки ГЖ, востребованный у металлургов ЕВРАЗа. Также он экспортируется в Китай, Южную Корею, Вьетнам и другие страны Юго-Восточной Азии.



Шахтерам помогают добывать уголь высокопроизводительный механизированный комплекс ВМ и комбайн Лоу



## В Красноярском краевом краеведческом музее появятся уголь и форма горняков СУЭК

С просьбой пополнить фонды музея образцами полезного ископаемого и атрибутикой крупнейшей в стране угольной энергетической компании работники музея обратились после экскурсии на Березовский разрез СУЭК.

Во время визита на разрез представители Красноярского краевого краеведческого музея узнали о задачах и планах предприятия, побывали на горных работах, увидели своими глазами мощную технику габаритами с многоэтажный дом, способную добывать свыше 5 тыс. т угля в час, узна-



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

ли о том, как горняки восстанавливают нарушенные после угледобычи земли и высаживают на них хвойные деревья, о социальных гарантиях, которыми пользуются угольщики, и посетили ведомственную медико-санитарную часть, оснащенную медицинским оборудованием нового поколения.

Особый интерес у краеведов вызвал Музей трудовой славы Березовского разреза, где бережно хранится почти 50-летняя история предприятия – архивные документы, фотографии, трудовые и спортивные награды, образцы угля и продуктов его глубокой переработки, произведенных уникальным промышленным комплексом, введенным в эксплуатацию несколько лет назад, а также останки древних животных, найденные в угольном карьере. Кстати, в одном из залов Красноярского краевого краеведческого музея уже хранится экспонат с Березовского разреза – это скелет стегозавра, получивший прозвище ЮраШКа (в честь Юрского периода и Шарыповского района). Это единственный в России целый скелет стегозавра.

*«Очень яркие впечатления оставила экскурсия. Такой невероятный масштаб! Живой интерес вызвала рекультивация земель. Это очень здорово, что после добычи угля земли восстанавливают, и мы можем видеть прекрасную природу»,* – рассказала заведующая сектора по работе с дошкольными и учебными заведениями Красноярского краевого краеведческого музея **Елена Макарова**.

Добавим, что предприятия СУЭК регулярно организуют профориентационные экскурсии для школьников и студентов, однако гостями разрезов-гигантов не раз становились и другие – ветераны, представители власти, педагоги, спортсмены.



**ЧЕТРА****ЧАЗ**

## «Вечный бульдозер»: новый проект от компании «ЧЕТРА»

ЧЕТРА внедряет новый проект в работу с потребителями тяжелой техники: поставка бульдозера с обратным выкупом. Одним из первых механизм опробует предприятие угольной промышленности из Республики Саха (Якутия). Компания приобрела партию бульдозеров ЧЕТРА T25.02 в комплектации с современной кабиной Klaus, экономичным двигателем Cummins QSZ-13, вспомогательными системами централизованной смазки и пожаротушения и расширенной гарантией на три года.

**Директор по продажам новых проектов ООО «ЧЕТРА» Дмитрий Быков** рассказал: «Считаем, что для предприятия – это выгодное предложение, так как решение вопросов, связанных с проведением сервисного и гарантийного обслуживания, берет на себя наша сервисная компания путем организации опорной сервисной точки со складом запасных частей, фильтрующих элементов и ГСМ на месте эксплуатации. При этом для оперативно-го реагирования будет организовано присутствие специалистов в режиме 24/7».



По условиям подписанного договора ООО «ЧЕТРА» после истечения гарантийного периода предоставляет предприятию право обратного выкупа бульдозеров. Сумма обратного выкупа может быть взносом за новую технику. Таким образом, благодаря проекту «вечный бульдозер» клиент всегда будет работать на новых машинах, находящихся на гарантии с фирменным обслуживанием.

# УГОЛЬ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
И ПРОИЗВОДСТВЕННО-  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

**Приглашаем посетить интернет-сайт [www.ugolinfo.ru](http://www.ugolinfo.ru)**

**На сайте в свободном доступе:**

- ✓ **Всё о журнале «УГОЛЬ»** (Темплан, Расценки, Подписка, Требования к рукописям, Архив, Награды, История)
- ✓ **Аналитические обзоры** «Итоги работы угольной промышленности России» (ежеквартальные)
- ✓ **Полный календарь** горных выставок
- ✓ **Более 100 Интернет-ресурсов** – партнеров журнала «УГОЛЬ»
- ✓ **Электронная версия всех номеров журнала с 2006 г.** в разделе *журнал online*

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



## В СУЭК подвели итоги Трудовой вахты памяти, посвященной 77-й годовщине Великой Победы

Награждение лидеров Трудовой вахты памяти стало одним из финальных мероприятий празднования 77-й годовщины Великой Победы в шахтерских городах и на предприятиях СУЭК в Красноярском крае. В течение месяца в преддверии 9 мая экипажи экскаваторов и бригады карьерных автосамосвалов стремились к максимальным производственным показателям.

Безусловным фаворитом трудовых соревнований стал машинист экскаватора ЭРШРД-5250 Березовского разреза **Алексей Алексеев** – план апреля он перевыполнил более чем на 80%. С его слов, участие и тем более победа в «памятной» вахте – это гордость и честь: «В годы войны наши деды ковали победу, которая доставалась им нелегко – потом и кровью, а зачастую собственными здоровьем и жизнью. Благодаря им мы можем трудиться на нашей земле, под мирным небом. И пусть такое чистое небо будет всегда над нами и нашими детьми. Мы всегда будем помнить их подвиг!»

На Назаровском разрезе максимального перевыполнения плановых показателей – почти 14% – удалось достичь машинисту экскаватора ЭШ-20/90 № 29 **Максиму Трусско**. Совсем немного от него отстал машинист крупнейшей на предприятии горной машины – роторного вскрышного комплекса SRs(K)-4000 – **Сергей Карачев**. «День Победы – особый праздник для каждой семьи. И пусть все дальше от нас те события, мы обязаны помнить о них.



Такие Трудовые вахты – не просто дань памяти, это наши трудовые достижения, которыми мы славим сегодняшнюю Россию», – подчеркнул он.

На Бородинском разрезе самый значительный прирост к плановым показателям – почти 15% – обеспечил экипаж экскаватора ЭКГ-8И, занятого на железнодорожной вскрыше, под руководством **Руслана Малышкина**. Примерно равный процент перевыполнения плана показали экипажи машин ЭРП-2500 № 3 на добыче угля (**бригадир Олег Даншин**), ЭКГ-15 № 24 (**бригадир Николай Кошечкин**) и ЭКГ-10 № 287 (**бригадир Игорь Першин**) на вскрышных работах. «Все наши показатели – в память о ветеранах, кто воевал, кто в тылу трудился, – говорит Николай Кошечкин. – У меня по материнской линии дядя воевал, погиб под знаменитой деревней Прохоровкой на Курско-Орловской дуге. Вечная слава нашим героям!»

Всего дипломами и призами по итогам Трудовой вахты памяти, посвященной 77-й годовщине Великой Победы, были отмечены свыше двадцати передовиков производства. С повышенной производственной нагрузкой горняки предприятий СУЭК в Красноярском крае работают с начала года. За январь-апрель 2022 г. Бородинскому, Назаровскому и Березовскому разрезам на добыче угля удалось суммарно «прирастить» к показателям аналогичного периода 2021 г. свыше 20%.

## Школьники из класса СУЭК посетили Назаровский разрез

Старшеклассники из города Назарово Красноярского края побывали на смотровой площадке угледобывающего предприятия, узнали о технологии добычи угля и гигантских горных машинах, задействованных в производственных процессах.

Как отметил **Александр Савцов**, специалист технического отдела Назаровского разреза, общаться со школьниками всегда интересно: «Наша ежедневная работа порой кажется рутинной. Но когда начинаешь говорить о

ней с гостями, она будто раскрывается с новой стороны. Ребята очень вдумчиво задают вопросы, и это не может не радовать».

В ходе экскурсии школьники узнали, что на Назаровском разрезе работает единственный в стране роторно-вскрышной комплекс SRs(K)-4000, зачем «башмаки» шагающим экскаваторам, сколько раз в день разрез отправляет составы с углем на Назаровскую ГРЭС... На эти и на многие другие вопросы ребята получили исчерпывающие ответы.

«Мне все интересно! – уверяет учащийся класса СУЭК **Никита Вайнбергер**. – После окончания учебы я планирую прийти на разрез, мне хочется здесь работать, например обслуживать SRs(K)-4000 – я очень люблю технику. Да и вообще, здесь просто масштабно и красиво!»

В классах СУЭК в Красноярском крае ежегодно обучаются около 150 школьников из городов, где работают предприятия Компании, – это Назарово, Шарыпово и Бородинно. В реализации проф-ориентационного проекта СУЭК тесно сотрудничает с Сибирским федеральным университетом, Назаровским энергостроительным техникумом.



## Как не ошибиться с выбором?



**Ключевые слова:** шламовый насос, керамический шламовый насос

В современных реалиях промышленность стремительно развивается и меняется. Сегодня предприятия переводят фокус внимания с запада на восток, где формируется ряд новых тенденций и инноваций, постоянно появляются новые инструменты, превосходящие по эффективности своих предшественников в десятки раз. Разрабатываются новейшие автоматизированные системы, способные исключить неэффективный ручной труд и свойственные людям ошибки, укрепляя предприятия и отрасль в целом. Но перемены на Российском рынке оборудования вызывают также и ряд сомнений. Как правильно выбрать оборудование и ЗИП? На что обращать внимание и чему отдать предпочтение? Такое замешательство появляется в связи с недостатком информации и опыта применения подобного оборудования. Например, выбор такого важного агрегата, как шламовый насос, который предназначен для перекачки жидкостей с повышенным содержанием твердых частиц. Они применяются в различных технологических процессах фабрики и способны работать с разными видами жидкостей, в которых имеется высокое содержание песка, глины, каменной крошки, окислы и других абразивных материалов. От шламовых насосов зависит качество работы всех процессов предприятия, поэтому очень важно знать критерии, которые помогут выбрать эффективное и надежное оборудование.

**Основные критерии качества:**

– износостойкость компонентов. Этот параметр играет приоритетную роль, так как быстрый износ деталей приводит не только к высоким эксплуатацион-



**ЛОХОВ Д.С.**

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

ным затратам, но и к повышению времени простоев на ППР и аварии, что значительно сокращает производительность всего предприятия, а также отнимает рабочие часы сотрудников;

– надежность подшипникового узла, тип уплотнения и качество его исполнения. Уплотнение вала насоса – это важный элемент, предотвращающий утечки жидкости и твердых частиц перекачиваемого материала. Неверно подобранное или некачественное уплотнение приведет к сильным утечкам и высокому энергопотреблению;

– автоматизация и контроль, простота обслуживания и эксплуатации.

**Шламовый насос от TAPP Group** – это высокоэффективная замена насосов Krebs, Warman, Metso. Это стойкий

к истиранию, герметичный насос нового поколения. Его гидравлическая модель, тип уплотнения, технологическая структура и процесс производства независимо исследуются и разрабатываются нашей компанией. Все оборудование проходит многоэтапную проверку качества, что позволяет исключить дефекты агрегата еще на этапе проектирования. Благодаря качеству и инженеринговому подходу к разработке и производству рабочих колес и уплотнений вала насос идеально подходит даже для самых тяжелых условий эксплуатации. Оборудование отличается высокими износостойкими характеристиками компонентов и производительностью, обеспечивая низкие эксплуатационные расходы на протяжении всего периода эксплуатации.

Насос и подшипниковый узел двигателя расположены таким образом, чтобы эффективно уравнивать радиальные и осевые нагрузки, создаваемые работой насоса, гарантируя тем самым его бесперебойную работу. Специальная конструкция подшипникового узла обеспечивает длительный срок службы, а также легкую регулировку и замену узла в сборе.

Шламовые насосы от TAPP Group могут быть футерованы запатентованной износостойкой керамической защитой. Срок ее службы в 3-10 раз больше, чем у износостойких сплавов с высоким содержанием хрома, а твердость по шкале Мооса достигает 9, что позволяет исключить кавитационные повреждения и обеспечить длительный срок службы оборудования.





Рабочее колесо насоса разработано с применением самой передовой технологии соотношения скоростей твердой и жидкой фаз. В уплотнении вала применена наша уникальная запатентованная технология «механического уплотнения с самоциркуляцией охлаждающей жидкости», которая полностью исключает утечки, сокращает энергопотребление и не требует технического обслуживания.

Проточная часть оснащена крыльчаткой, конструкция которой обеспечивает беспрепятственный проход твердых частиц, исключая возможность засорения и протечки. Рабочее колесо справится даже с волокнистым материалом. Уникальная конструкция обеспечивает высокую эффективность и низкий износ.

Интеллектуальный шламовый насос обеспечивает мониторинг в режиме реального времени, аварийное предупреждение, диагностику данных о неисправностях и прогнозирование технического обслуживания, что делает процесс эксплуатации более простым, автоматизированным и безопасным. Данные о его работе можно отслеживать в режиме реального времени.

Контроль и управление осуществляются через локальную сеть и удаленное терминальное оборудование. Собранная информация может обеспечить поддержку данных для анализа и оценки состояния оборудования механиками и отделом электрического управления, что поможет избежать несчастных случаев.



Аварийное оповещение и интеллектуальный анализ обеспечивают удобство в поиске источника неисправности.

**Шламовый насос от TAPP Group – износостойкий и устойчивый к кавитации. Он обеспечит уменьшение затрат и увеличение выгод для предприятия. Применяя его, вы не только оптимизируете работу своего производства, но и обеспечите себя надежным оборудованием, которое высвободит ваше время и внимание на более важные задачи.**

Компания TAPP Group разрабатывает и внедряет комплексный инжи-

ниринговый подход, который обеспечивает качественное и эффективное решение поставленных задач, а также обеспечивает рост производственных показателей. Мы изобретаем, модернизируем, адаптируем и внедряем оборудование и технологии с последующим сервисным обслуживанием, основываясь на индивидуальных особенностях каждого предприятия.

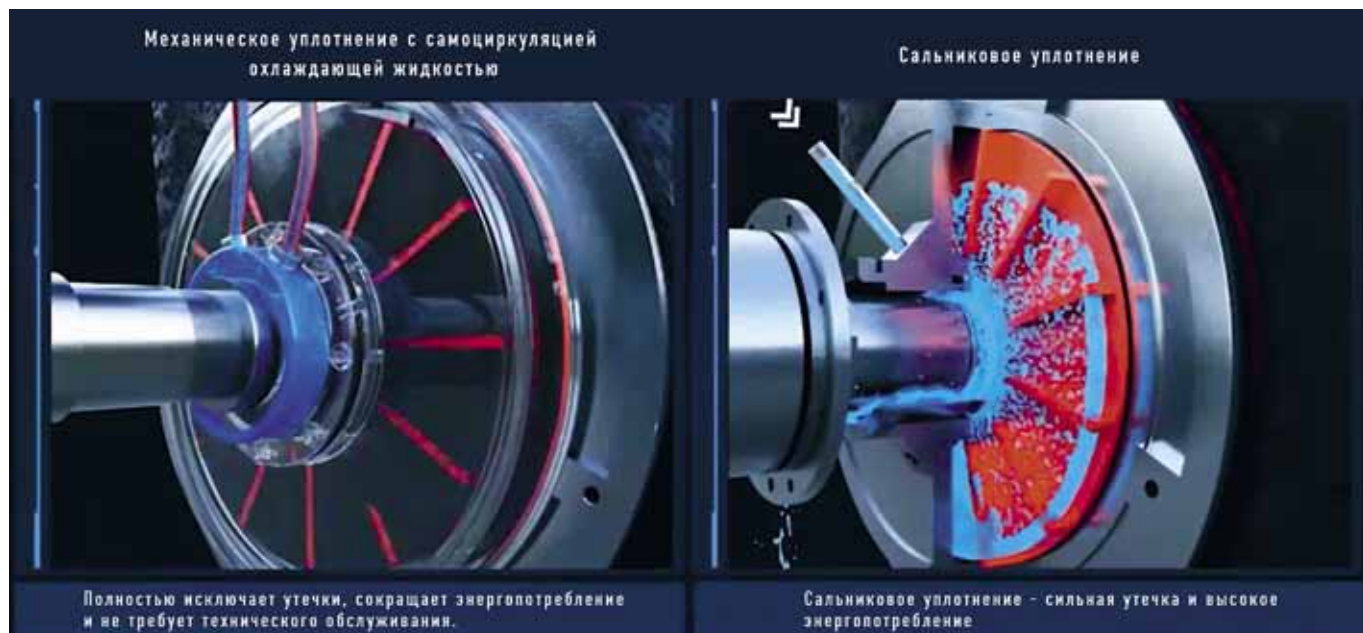
Интересно повысить производительность и эффективность своего предприятия? Свяжитесь с нами любым удобным способом, и наши специалисты помогут вам в решении любых задач!

**Наши контакты:**

тел.: +7 (4722) 23-28-39, +7 (800) 301-27-73  
 e-mail: info@tapp-group.ru  
 web: www.tapp-group.ru



Наш  
**YouTube-канал:**



Механическое уплотнение с самоциркуляцией охлаждающей жидкостью

Сальниковое уплотнение

Полностью исключает утечки, сокращает энергопотребление и не требует технического обслуживания.

Сальниковое уплотнение – сильная утечка и высокое энергопотребление



# Угольные разрезы на территории Южной Суматры по данным спутниковой съемки. Технологии и комплексная механизация открытых горных работ\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-25-28>

В статье представлены результаты исследования деятельности угольных карьеров на территории Южной Суматры. В ходе обработки спутниковых снимков выявлено количество горнотранспортного оборудования, задействованного на открытых горных работах на угольных месторождениях, а по результатам аналитических расчетов установлен годовой объем добычи угля и вскрышных работ. Определены показатели сухопутной логистики угольных потоков от мест добычи угля до морских угольных терминалов.

**Ключевые слова:** Южная Суматра, угольные месторождения, открытые горные работы, угольные карьеры, годовой объем добычи угля, горные и транспортные машины, экспорт угля, дистанционное зондирование Земли.

**Для цитирования:** Угольные разрезы на территории Южной Суматры по данным спутниковой съемки. Технологии и комплексная механизация открытых горных работ / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.П. Юронен и др. // Уголь. 2022. № 6. С. 25-28. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-25-28.

## ВВЕДЕНИЕ

В Юго-Восточной Азии в настоящее время весьма мощным угледобывающим потенциалом обладает Индонезия, занимающая по праву одно из лидирующих положений по открытой угледобыче не только в этом регионе, но и в мировом энергетическом пространстве. Основные производственные мощности по добыче угля находятся на восточном побережье острова Калимантан, и примерно 10% от общего объема приходится на остров Суматра. По данным спутниковой съемки основной объем добычи угля открытым способом на этом острове сконцентрирован в одной провинции Южная Суматра. Изучение современного состояния угледобывающей промышленности в масштабах мировой экономики предполагает включение в план исследований всех без исключения территорий с размещением отраслевых предприятий. Проведение исследовательских работ в этом направлении на территории острова Суматра является актуальным в плане получения новых знаний об угольных карьерах, работающих в зоне экваториальных лесов. Наш коллектив в исследованиях пользуется результатами научно-технического прогресса в области косми-

## ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук,  
профессор Сибирского  
федерального университета,  
профессор Сибирского  
государственного университета  
науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнёва,  
ведущий научный сотрудник  
Южно-Уральского государственного  
университета,  
660041, г. Красноярск, Россия,  
e-mail: zenkoviv@mail.ru

## ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

Канд. техн. наук,  
доцент Технического  
университета им. Ле Куй Дон,  
000084, г. Ханой, Вьетнам

## ЮРОНЕН Ю.П.

Канд. техн. наук,  
доцент Сибирского  
государственного университета  
науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнёва,  
660037, г. Красноярск, Россия

## ЛОГИНОВА Е.В.

Канд. экон. наук,  
доцент Сибирского  
государственного университета  
науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнёва,  
660037, г. Красноярск, Россия

## МАГЛИНЕЦ Ю.А.

Канд. техн. наук,  
профессор Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

\* Исследование проведено в рамках международного сотрудничества в области расширения сферы использования технологий дистанционного зондирования Земли.

**РАЕВИЧ К.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

**ВЕРЕТЕНОВА Т.А.**

Доцент Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**КОНДРАШОВ П.М.**

Канд. техн. наук,  
профессор Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**ПАВЛОВА П.Л.**

Канд. техн. наук,  
доцент Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**КОНОВ В.Н.**

Канд. техн. наук,  
доцент Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

ческих технологий дистанционного зондирования Земли из космоса. Аналогичным высокотехнологичным инструментарием пользуются наши коллеги, работы которых в виде небольшой выборки представлены в [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОЙ СУМАТРЫ**

По данным дистанционного зондирования добыча угля открытым способом осуществляется на острове с середины 1970-х годов, а масштабная разработка месторождений угля производится с середины 2000-х годов [10]. По нашей оценке, 35 млн т угля ежегодно отправляют на экспорт, а 24 млн т угля сжигают на одиннадцати тепловых электростанциях, расположенных в разных частях острова. Практически весь уголь добывают открытым способом в провинции Южная Суматра в многоугольнике с координатами вершин в точках  $3^{\circ}43'31''$  ю. и  $103^{\circ}33'12''$  в.,  $3^{\circ}40'12''$  ю. и  $103^{\circ}40'05''$  в.,  $3^{\circ}44'11''$  ю. и  $103^{\circ}51'16''$  в.,  $3^{\circ}47'47''$  ю. и  $103^{\circ}51'24''$  в.,  $3^{\circ}53'06''$  ю. и  $103^{\circ}48'40''$  в.,  $3^{\circ}53'38''$  ю. и  $103^{\circ}41'25''$  в.,  $3^{\circ}51'59''$  ю. и  $103^{\circ}35'59''$  в. В исследуемом секторе находятся три сельских поселения: Lahat, Muara Enim и Tandjung. Вблизи поселений возделывают значительные по площади пальмовые плантации. Угледобывающие предприятия работают в полном компромиссе с местным населением, что подтверждается приведением нарушенных земель (породных отвалов) практически в первоначальное состояние с высадкой пальмовых деревьев на поверхности отвалов общей площадью 4200 га [10].

Отметим, что собственниками карьеров в период до 2017 г. на выемке небольшого объема вскрышных пород и угля были задействованы роторные экскаваторы (российские аналоги ЭР-1600) в комплексе с конвейерным транспортом и отвалообразователями на породных отвалах. В настоящее время горные работы производят с использованием только экскаваторно-автомобильных комплексов в двух комбинациях. На выемке горных пород используют гидравлические экскаваторы с вме-

стимостью ковша 4 и 12 куб. м. Первые работают в комплексе с автосамосвалами общего назначения грузоподъемностью 30 т и колесной формулой 6×4, а последние – с карьерными автосамосвалами грузоподъемностью 60–90 т [10].

В настоящее время на угленасыщенных участках месторождений работают 28 карьеров с различной протяженностью фронта горных работ и концентрацией горно-транспортного оборудования. Общая протяженность фронта горных работ по нижнему добычному уступу равна 14760 м [10]. Горно-геологическое строение угольных пластов при горизонтальной мощности до 150 м характеризуется вертикальным или крутонаклонным расположением в толще вмещающих пород. Мощность покрывающих угольные пласты вскрышных горных пород находится в диапазоне 15–25 м. Такое расположение пластов в недрах обуславливает постоянную углубку горных работ и размещение вскрышных пород во внешние отвалы.

По данным спутниковой съемки при разработке участков месторождений в карьерах отмечается высокая концентрация горных и транспортных машин (см. рисунок).



Фрагмент космоснимка открытых горных работ на угленасыщенном участке месторождения с тремя мощными пластами крутонаклонного залегания

В границах разрабатываемого участка размером 600×680 м в работе находятся 23 гидравлических экскаватора и 44 автосамосвала. На участке производится разработка трех крутонаклонных угольных пластов с суммарной горизонтальной мощностью 160 м. Отметим, что на о. Суматра в открытой разработке угля бурозрывной способ подготовки горных пород к выемке не используют. Расстояние транспортировки вскрышных пород до внешних отвалов находится в диапазоне от 1,5 до 3 км. Вскрышные породы укладывают также на место отработанных угольных пластов. В этом случае вскрытие пластов производят капитальными траншеями внешнего заложения на глубину до 30 м. Далее вскрывающую трассу располагают на временно нерабочем борту карьера, противоположный борт карьера находится в разноске. По мере отработки запасов угля рабочий борт карьера устанавливают во временно нерабочее положение с одновременным переносом и обустройством вскрывающей трассы на него, а горные работы переносят на противоположный борт. Глубина карьеров после прекращения работ по добыче угля не превышает 180 м. По нашей оценке, конечная глубина карьеров регламентируется устойчивостью бортов карьера в условиях влажного экваториального климата с количеством осадков 1800 мм в год.

Весь объем угля, добываемый в исследуемых границах, концентрируется на двух стационарных поверхностных складах, которые расположены между карьерами [10]. На склады уголь поступает по конвейерам общей протяженностью 15,8 км. К каждому складу подведены железнодорожные пути в виде петли, что обеспечивает сквозное движение составов из 60 вагонов и двух тепловозов в голове состава. Уголь доставляют к терминалам, находящимся на правом берегу р. Musi, где его отгружают в балкеры-сухогрузы грузоподъемностью до 10000 т. Далее суда с помощью буксиров двигаются к месту впадения реки в море и вдоль береговой линии до тепловых электростанций. Объем экспортного угля направляют по железной дороге на крупный морской терминал, находящийся в бухте южнее г. Bandar Lampung [10].

Также уголь в объеме 2 млн т в год добывают западнее населенного пункта Kulu в провинции Aceh. Весь объем добытого угля транспортируют на расстояние 16 км до расходного склада на морском берегу для погрузки в баржи класса река-море грузоподъемностью 10 тыс. т.

Всего, по данным спутниковой съемки, на исследуемой территории Южной Суматры на вскрышных и добычных работах в угольных карьерах задействовано следующее горнотранспортное оборудование: 253 гидравлических экскаватора типа «обратная лопата» с вместимостью ковша 4 куб. м, 36 и 69 гидравлических экскаваторов с вместимостью ковша 12 куб. м соответственно «прямая лопата» и «обратная лопата», 896 автосамосвалов грузоподъемностью 30 т и 469 карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 60-90 т. В состав автотранспортного парка входят 162 шарнирно-сочлененных автосамосвала повышенной проходимости грузоподъемностью 30 т. В последние годы около половины этого пар-

ка находится в резерве. По нашим расчетам, парк горных и транспортных машин, находящийся в работе в карьерах, может технологически обеспечить годовой объем вскрышных работ на уровне 380 млн т и объем добычи угля не менее 59 млн т. Из этого объема 24 млн т угля сжигают на тепловых электростанциях, составляющих основу топливно-энергетического комплекса острова, а остальной объем отправляют на экспорт.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги научно-исследовательской работы, посвященной исследованию производственной деятельности угольных карьеров в Юго-Восточной Азии на территории острова Суматра, обозначили весьма значимое присутствие предприятий недропользования, развивающихся параллельно с не менее масштабным сектором экономики, как туризм. Горно-геологическое строение месторождений угля, используемые технологии открытых горных работ и количественный состав горнотранспортного оборудования позволяют обеспечить объем добычи угля на уровне 59 млн т в год. Результаты дистанционного мониторинга территории Южной Суматры представляют стабильный тренд в ежегодно добываемых объемах добычи угля открытым способом.

## Список литературы

1. Смирнова И.О., Кирсанов А.А. Состояние и перспективы использования данных дистанционного зондирования при изучении экзогенных геологических процессов на примере оползней // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 3. С. 26-48.
2. Шихов А.Н., Дремин Д.А. Закономерности повреждения ветровалами лесов европейской территории России и Урала: анализ по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 3. С. 153-168.
3. Оценка изменчивости характеристик Стоковой фронтальной зоны Карского моря на основе комплексирования данных спутникового дистанционного зондирования / А.А. Коник, А.В. Зимин, О.А. Атаджанова и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 2. С. 241-250.
4. Терехин Э.А. Оценка пространственно-временных изменений в зеленой фитомассе аграрной растительности с использованием спектрально-отражательных признаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 138-148.
5. Pashkevich M.A., Danilov A.S., Matveeva V.A. Remote sensing of chemical anomalies in the atmosphere in influence zone of Korkino open pit coal mine // Eurasian mining. 2021. № 1. P. 79-83.
6. Peter T. Fretwell, Philip N. Trathan. Discovery of new colonies by Sentinel2 reveals good and bad news for emperor penguins // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2021. Vol. 7. Is. 2. P. 139-153.
7. Regional-scale forest restoration effects on ecosystem resiliency to drought: a synthesis of vegetation and moisture trends on Google Earth Engine / Temuulen Sankey, Adam Belmonte, Richard Massey et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2021. Vol. 7. Is. 2. P. 259-274.



8. Estimating inundation of small waterbodies with sub-pixel analysis of Landsat imagery: long-term trends in surface water area and evaluation of common drought indices / Ibrahima Sall, Christopher J. Jarchow, Brent H. Sigafus et al. // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2021. Vol. 7. Is. 1. P. 109-124.
9. Mapping complex coastal wetland mosaics in Gabon for informed ecosystem management: use of object-based classification / Allison Aldous, Steve Schill, George Raber et al. // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2021. Vol. 7. Is. 2. P. 64-79.
10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.05.2022).

## ABROAD

## Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, Yu.P. Yuronen, E.V. Loginova, Yu.A. Maglinets, K.V. Raevich, A.A. Latyntsev, T.A. Veretenova, P.M. Kondrashov, P.L. Pavlova, V.N. Konov, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 25-28  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-25-28>

## Title

**COAL STRIP MINES IN SOUTH SUMATRA BASED ON SATELLITE IMAGING DATA. TECHNOLOGY AND COMPLEX MECHANIZATION OF SURFACE MINING OPERATIONS**

## Authors

Zenkov I.V.<sup>1,2,3</sup>, Trinh Le Hung<sup>4</sup>, Yuronen Yu.P.<sup>2</sup>, Loginova E.V.<sup>2</sup>, Maglinets Yu.A.<sup>1</sup>, Raevich K.V.<sup>1</sup>, Latyntsev A.A.<sup>1</sup>, Veretenova T.A.<sup>1</sup>, Kondrashov P.M.<sup>1</sup>, Pavlova P.L.<sup>1</sup>, Konov V.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

<sup>2</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

<sup>3</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation

<sup>4</sup> Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

## Authors Information

**Zenkov I.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Senior Researcher, e-mail: zenkoviv@mail.ru

**Trinh Le Hung**, PhD (Engineering), Associate Professor

**Yuronen Yu.P.**, PhD (Engineering), Associate Professor

**Loginova E.V.**, PhD (Economic), Associate Professor

**Maglinets Yu.A.**, PhD (Engineering), Professor

**Raevich K.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor

**Latyntsev A.A.**, PhD (Engineering), Associate Professor

**Veretenova T.A.**, Associate Professor

**Kondrashov P.M.**, PhD (Engineering), Associate Professor

**Pavlova P.L.**, PhD (Engineering), Associate Professor

**Konov V.N.**, PhD (Engineering), Associate Professor

## Abstract

The paper presents the results of studying surface coal mining operations in the territory of South Sumatra. Processing of satellite images reveals the quantity of mining transport equipment employed in surface mining of coal deposits, and the annual volume of coal extraction and overburden removal is determined through analytical calculations. Indicators of the overland logistics of coal flows from the coal mining sites to the marine coal terminals have been determined.

## Keywords

South Sumatra, Coal deposits, Surface mining, Coal strip mines, Annual coal production, Mining and transport machinery, Coal exports, Remote sensing.

## References

1. Smirnova I.O. & Kirsanov A.A. Current state and prospects of applying remote sensing data to investigating exogenous geological processes, using landslides as an example. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (3), pp. 26-48 (In Russ.).
2. Shikhov A.N. & Dremine D.A. Regularities of windfall damage to forests in European Russia and the Urals: an analysis based on satellite data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (3), pp. 153-168 (In Russ.).
3. Konik A.A., Zimin A.V., Atadzhanova O.A. & Pedchenko A.P. Estimation of variability in characteristics of the frontal drain zone of the Kara Sea based on integration of satellite remote sensing data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (2), pp. 241-250 (In Russ.).

4. Terekhin E.A. Assessment of spatial and temporal changes in green phyto-mass of agricultural vegetation using spectral reflex signatures. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (1), pp. 138-148 (In Russ.).

5. Pashkevich M.A., Danilov A.S. & Matveeva V.A. Remote sensing of chemical anomalies in the atmosphere in influence zone of Korkino open pit coal mine. *Eurasian mining*, 2021, (1), pp. 79-83.

6. Peter T. Fretwell & Philip N. Trathan. Discovery of new colonies by Sentinel2 reveals good and bad news for emperor penguins. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2021, Vol. 7, (2), pp. 139-153.

7. Temuulen Sankey, Adam Belmonte, Richard Massey & Jackson Leonard. Regional-scale forest restoration effects on ecosystem resiliency to drought: a synthesis of vegetation and moisture trends on Google Earth Engine. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2021, Vol. 7, (2), pp. 259-274.

8. Ibrahima Sall, Christopher J. Jarchow, Brent H. Sigafus, Lisa A. Eby, Michael J. Forzley & Blake R. Hossack. Estimating inundation of small waterbodies with sub-pixel analysis of Landsat imagery: long-term trends in surface water area and evaluation of common drought indices. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2021, Vol. 7, (1), pp. 109-124.

9. Allison Aldous, Steve Schill, George Raber, Marie-Claire Paiz, Emmanuel Mambela & Tariq Stévant. Mapping complex coastal wetland mosaics in Gabon for informed ecosystem management: use of object-based classification. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2021, Vol. 7, (2), pp. 64-79.

10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.05.2022).

## Acknowledgements

The study was performed within the framework of international cooperation in expanding the use of remote sensing technologies

## For citation

Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Loginova E.V., Maglinets Yu.A., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Veretenova T.A., Kondrashov P.M., Pavlova P.L. & Konov V.N. Coal strip mines in South Sumatra based on satellite imaging data. Technology and complex mechanization of surface mining operations. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 25-28. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-25-28.

## Paper info

Received March 1, 2022

Reviewed April 27, 2022

Accepted May 23, 2022

# ЛЕГЕНДА ЗЕМЛИ КУЗНЕЦКОЙ

(к 115-летию со дня рождения  
Героя Социалистического Труда В. Г. Кожевина)

**13 июля 2022 г., исполняется 115 лет со дня рождения выдающегося организатора угольной промышленности и высшего образования Кузбасса, Героя Социалистического Труда, профессора Владимира Григорьевича Кожевина.**

По разному складываются человеческие судьбы. В.Г. Кожевин – один из тех, кто сам строил свою судьбу, свою биографию, проявляя при всех жизненных обстоятельствах сильный характер, твердую волю, колоссальное трудолюбие, глубокую человечность.

В одной из своих записных книжек В.Г. Кожевин написал:

*«Сложилась нелегко судьба моя.*

*Все в жизни было: радость и беда.*

*Я испытал немало на веку, в лицо я правду знал.*

*Но правды никому не уступал».*

Владимир Григорьевич родился 13 июля 1907 г. в г. Шадринске Курганской области в семье сельского учителя. До 1926 г. он жил вместе с родителями. После окончания средней школы поступил на горное отделение 1-го Сибирского политехникума в г. Томске. В студенческие годы он успел поработать начальником поисково-разведочной партии «Союззолото» в Северо-Енисейской тайге. По окончании учебы в политехникуме его оставили на педагогической работе в этом же техникуме, где он с марта 1930 г. по октябрь 1932 г. работал преподавателем специальных дисциплин, заместителем директора по учебной работе.

Работая в политехникуме, В.Г. Кожевин заочно учился на горном факультете Томского индустриального института, после окончания которого в 1934 г. получил квалификацию горного инженера по специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых».

С марта 1934 г. по сентябрь 1938 г. Владимир Григорьевич работал в Кемеровском горном техникуме преподавателем и заместителем директора по учебной работе.

Однако в наибольшей степени свои способности и талант горного инженера он проявил, когда работал на различных должностях в угольной промышленности Кузбасса: помощник главного инженера, главный инженер шахты «Северная» (1938–1941 гг.), начальник технического отдела, заместитель главного инженера треста «Осинникуголь» комбината «Кузбассуголь» (1941–1942 гг.). С июля 1942 г. по сентябрь 1945 г. – главный инженер, начальник шахты № 10 в г. Осинники Кемеровской области. Под руководством В.Г. Кожевина шахта № 10 стала передовой и с четвертого квартала 1942 г. до конца Великой Отечественной войны держала переходящее Красное Знамя Государственного Комитета Обороны.

Учитывая решительность и твердую волю Владимира Григорьевича в достижении поставленной цели, незаурядные организаторские способности, в сентябре 1945 г. его назначают управляющим трестом «Киселевскуголь», а через два года – начальником комбината «Кемеровоуголь», куда входили предприятия Кемеровского, Ленинск-Кузнецкого, Анжеро-Судженского угольных районов Кузбасса.



**КОЖЕВИН Владимир Григорьевич**  
(13.07.1907 – 22.04.1990)

## **ПЕРШИН В.В.**

*Доктор техн. наук, профессор кафедры СПСиШ КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, Заслуженный деятель науки РФ, академик АГН, Герой Кузбасса 650000, г. Кемерово, Россия*

## **ДЕРЮШЕВ А.В.**

*Канд. техн. наук, доцент кафедры СПСиШ КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: sintokem@rambler.ru*

## **МАНЬШИН Н.Н.**

*Директор Кемеровского областного общественного фонда «Шахтерская Память» им. В.П. Романова, 650000, г. Кемерово, Россия*

28 августа 1948 г. группа работников угольной промышленности Кузбасса была удостоена высокого звания Героя Социалистического Труда. Среди награжденных – Владимир Григорьевич Кожевин. В поздравительной телеграмме Президиума Верховного Совета СССР было сказано:

*«За Ваши исключительные заслуги перед государством, за выдающиеся успехи в деле увеличения добычи угля, восстановления и строительства угольных шахт и внедрения передовых методов работы, обеспечивающих значительный рост производительности труда, Президиум Верховного Совета СССР своим указом от 28 августа 1948 г. присвоил Вам звание Героя Социалистического Труда».*

С января по апрель 1953 г. В.Г. Кожевин работал заместителем министра угольной промышленности СССР. Когда же в Кемеровской области был создан единый орган для управления всей угольной отраслью региона – комбинат «Кузбассуголь», начальником комбината в 1953 г. был назначен именно Владимир Григорьевич.

В этот период (1953–1957 гг.) под его руководством проходило техническое перевооружение горных предприятий, строились новые шахты, разрезы, обогатительные фабрики, внедрялись механизация и автоматизация производственных процессов, успешно решались сложные проблемы поиска эффективных методов добычи угля, научно-технического прогресса в отрасли. Именно В.Г. Кожевин одним из первых обозначил проблему разработки замковых частей складок угольных пластов, дал их классификацию и доказал важность решения этой проблемы в условиях Кузбасса.

В ходе реформы системы управления экономикой страны были созданы территориальные Советы народного хозяйства – Совнархозы (1957–1965 гг.). В.Г. Кожевин прекрасно знал обстановку и в совершенстве владел кадровой политикой в Кузбассе. Поэтому именно ему было поручено создать Совет народного хозяйства Кемеровского экономического административного района – Кемеровский Совнархоз.

Председателем Кемеровского Совнархоза был назначен Александр Николаевич Задемидко, до этого в 1955–1957 гг. бывший министром угольной промышленности СССР, а его первым заместителем с 15 июня 1957 г. – В.Г. Кожевин. Опять судьба их соединила: еще когда В.Г. Кожевин начинал на шахте «Северная», А.Н. Задемидко работал там главным инженером, затем они вместе трудились в г. Осинники, позднее оба были заместителями министра угольной промышленности.

Содружество А.Н. Задемидко – В.Г. Кожевин положительно повлияло на развитие Кемеровской области: из авторитетных, профессионально подготовленных специалистов был сформирован работоспособный аппарат Совнархоза, в результате чего стали успешно развиваться базовые отрасли промышленности, создавался мощный строительный комплекс, эффективно решались социальные вопросы. Развитие Кузбасса, переживавшего своеобразную индустриализацию, было поразительным.

*«Кожевин обладал огромными техническими знаниями, широким кругозором инженера высокого класса, личностной одаренностью»*, – рассказывал Герой Социалистического Труда Владимир Павлович Романов – начальник комбината «Кузбассуголь» в 1961–1978 гг.

После перевода в августе 1960 г. А.Н. Задемидко в Совет экономической взаимопомощи (СЭВ) Госплана СССР В.Г. Кожевину не удалось сработаться с новым председателем Кемеровского Совнархоза Леонидом Ефимовичем Графовым.

Еще в 1961 г. на диссертационном совете Московского горного института В.Г. Кожевин защитил кандидатскую диссертацию. И с 1 декабря 1961 г. он начал работать доцентом, а затем профессором кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Кемеровского горного института (КГИ).

С 22 октября 1962 г. Владимир Григорьевич стал заведующим кафедрой «Проведение и крепление горных выработок» КГИ, переименованной в 1956 г. в кафедру «Строительство горных предприятий», а в 1971 г. – «Строительство подземных сооружений и шахт» (СПСиШ) уже Кузбасского политехнического института с 29.07.1965 (КузПИ).

В период работы В.Г. Кожевина на кафедре СПСиШ (1962–1985 гг.) была сформирована научная школа в области шахтного строительства, активизирована работа аспирантуры, значительно укреплена учебная и научно-исследовательская лабораторная база, существенно увеличен объем хоздоговорных НИР. Так, под руководством и при его непосредственном участии были выполнены фундаментальные исследования физико-механических свойств горных пород и углей Кузбасса.

Результаты этих исследований позволили не только создать новые типы режущих инструментов, но и усовершенствовать бурильные установки, конструктивные особенности которых позволяли бурить шпуров параллельно контуру проводимой выработки. Тем самым был увеличен эффект контурного взрывания, достигнут коэффициент использования шпуров, близкий к единице, при практическом отсутствии переборов.

Из всех многочисленных научно-производственных публикаций нельзя не отметить фундаментальный, не имеющий аналогов труд – книгу «Разработка угольных месторождений Кузбасса» (Углетехиздат, 1959, 888 с.), написанную Владимиром Григорьевичем Кожевным в соавторстве со своими соратниками Дмитрием Александровичем Стрельниковым и Тимофеем Федоровичем Горбачевым. Эта книга и сегодня является настольной для многих горных инженеров Кузбасса.

Создание научной школы позволило наряду с повышением качества подготовки инженерных кадров четко сформулировать основные направления научной работы кафедры СПСиШ в тот период, а также существенно повысить число преподавателей с учеными степенями и званиями.

Профессор В.Г. Кожевин был научным руководителем более 40 соискателей ученой степени кандидата и научным консультантом нескольких докторов технических наук. При этом защищенность аспирантов Владимира Григо-



рьевича составила 68%! Сегодня бы сказали: он был эффективным научным руководителем.

С 1967 г. по 1977 г. В.Г. Кожевин был ректором КузПИ, председателем диссертационного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций, оставаясь одновременно заведующим кафедрой СПСиШ.

Как ректор КузПИ он многое сделал для развития материальной базы института, подготовки научно-педагогических кадров, создания бытовых условий для преподавателей, сотрудников, студентов. В содружестве с производственными объединениями были построены два новых учебных корпуса, начато строительство корпуса военной кафедры, ныне – военный центр Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева, построены общежития, организован геодезический полигон, создана база отдыха. Каждый факультет теперь имел свой учебный корпус. Институт развивался и стал одним из ведущих среди технических вузов Западной Сибири.

В.Г. Кожевин был первым председателем созданного Совета ректоров вузов Кемеровской области. В создании, становлении многих вузов, в реализации стратегии высшего образования в Кузбассе есть серьезный вклад В.Г. Кожевина.

Большое внимание Владимир Григорьевич уделял общественно-политической деятельности. Многолетняя работа в Кемеровской области создала ему заслуженный авторитет, известность. Он неоднократно избрался в партийные органы, делегатом XX и XXIV съездов КПСС, в 1954–1958 гг. – депутатом Верховного Совета СССР, в 1959–1963 гг. – депутатом Верховного Совета РСФСР, депутатом областного, городского Советов. Почти шестнадцать лет он возглавлял Кемеровское областное правление общества «Знание» и к своим партийным, государственным, общественным обязанностям относился всегда ответственно.

В.Г. Кожевина очень интересовали образ жизни народов и опыт промышленного строительства других стран. География его зарубежных поездок в составе делегаций: Бельгия, США, Румыния, ГДР (во Фрайбергской горной академии он читал лекции по горному делу), Куба, Венгрия, Финляндия, опять Венгрия, Япония.

В.Г. Кожевин был очень внимателен к своей семье, проявлял о ней огромнейшую заботу. Вместе с женой, Варварой Игнатьевной, они вырастили сына, двух дочерей и внуков. Сегодня династию Кожевиных продолжает правнук – Владимир Григорьевич Кожевин – младший.

И грустно было читать заявление В.Г. Кожевина:

*«Прошу освободить меня от работы в связи с уходом на пенсию по состоянию здоровья.»*



25.04.1985

За свою жизнь Владимир Григорьевич испытал и радость удач, успехов, побед, и горечь поражения. Он был уважаем соратниками, коллегами, учениками.

*«Я знал и радость, знал и горе,  
Я это лично пережил,  
Печаль свою на чьи-то плечи  
Ни разу не переложил.»*

Государство высоко оценило трудовую и общественно-политическую деятельность В.Г. Кожевина. Он награжден двумя орденами Ленина и золотой медалью «Серп и молот» Героя Социалистического Труда, двумя орденами Трудового Красного Знамени, медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «За трудовую доблесть», «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина», «За освоение целинных земель», «Тридцать лет Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», являлся полным кавалером почетного знака «Шахтерская Слава». За заслуги в общественно-политической деятельности В.Г. Кожевин удостоен медали имени С.И. Вавилова – выдающегося советского ученого, первого председателя Всесоюзного общества «Знание».

В июне 2009 г. решением Кемеровского городского Совета народных депутатов одной из улиц жилого района «Лесная Поляна» г. Кемерово присвоено имя В.Г. Кожевина.

Учебная аудитория в главном корпусе Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева (КузГТУ) также носит имя В.Г. Кожевина.

В связи с празднованием 300-летия Кузбасса (2021 г.) при содействии Администрации Кемеровской области и Кемеровского областного общественного фонда «Шахтерская Память» имени В.П. Романова Государственной телевизионной и радиовещательной компанией «Кузбасс» в 2019 г. был снят документальный фильм «Владимир Кожевин» из цикла «Легенды земли Кузнецкой».

*«Богатств всех в мире не нажить,  
И всех наград не заслужить,  
От всех невзгод не убежать,  
И всех побед не одержать.  
Но если званья «Человек»  
За свой ты удостоен век  
И в годы трудные не сник,  
То, значит, ты всего достиг.»*

**«Сильный судьбой, герой своего времени, мудрый, незабываемый, достойный уважения, выдающийся, легендарный человек» – так отзывались о Владимире Григорьевиче Кожевине его соратники, ученики, все, кому довелось с ним работать и общаться. Одним словом – Легенда земли Кузнецкой!**

# Использование технологии дистанционного зондирования и математического моделирования для анализа аварийных горных выработок

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-32-34>

**ЛЕВКИН Ю.М.**

Доктор техн. наук,  
профессор,  
член Союза маркшейдеров России,  
105064, г. Москва, Россия,  
e-mail: lev5353@bk.ru

*В представленной статье предложен метод анализа аварийных горных выработок на предмет их восстановления. В основе данного метода лежит использование подземных беспилотных летательных аппаратов, оснащенных инновационными технологиями лазерного сканирования или зондирования, позволяющими осуществлять дистанционный мониторинг областей смещений горных пород в кровле на аварийных участках горных выработок. Использование данного дистанционно управляемого маркшейдерского оборудования позволяет установить местоположение и размеры опасных областей смещения пород в кровле. На основе этого, с помощью предложенной математической модели, устанавливаются значения нормальных компонентов напряжений в исследуемых областях смещения. В результате, если в данных областях смещений значения нормальных компонентов напряжений не превышают пределы прочности на растяжение горных пород, то горная выработка подлежит восстановлению.*

**Ключевые слова:** опасные для жизни человека подземные горные выработки, нарушенный породный массив, трещины отрыва, коэффициент интенсивности напряжений, беспилотные летательные аппараты, дистанционное зондирование.

**Для цитирования:** Левкин Ю.М. Использование технологии дистанционного зондирования и математического моделирования для анализа аварийных горных выработок // Уголь. 2022. № 6. С. 32-34. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-32-34.

**ВВЕДЕНИЕ**

На горнодобывающих предприятиях периодически возникает необходимость восстановления горных выработок, ранее находившихся в эксплуатации и прекративших работу в результате возникновения в них чрезвычайной ситуации, связанной с наличием большого объема метана, последствий пожара, возникновения горного удара. Как правило, это недоступные и опасные для жизни человека подземные горные выработки. Поэтому для диагностики степени нарушенности горных пород и конструктивных элементов крепи горных выработок могут быть использованы подземные беспилотные летательные аппараты (БЛА) различной модификации, а также передвижные по почве горной выработки транспортные средства (автоскан). БЛА и автосканы оснащены камерами видеонаблюдения, 3D-лазерного сканирования или лидарами. Они позволяют обеспечить создание 3D-моделей окружающей среды и планов горных вы-

работок, а также проводить объемную съемку недоступного пространства без присутствия человека. Для качественной съемки подземных объектов БЛА и автосканы оснащены системой предотвращения столкновений в подземном пространстве. Приведенные инновационные маркшейдерские приборы и оборудование, осуществляющее дистанционное зондирование или сканирование, были разработаны и внедрены в производство горнодобывающей канадской компанией «Clicktox Solutions» [1, 2, 3, 4, 5]. Их активное внедрение в производство затруднено из-за отсутствия критериев оценки полученной информации, по которой можно было бы судить о возможности восстановления этих выработок.

### АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Критерии оценки восстановления горных выработок после ликвидации чрезвычайной ситуации непосредственно связаны с размерами области нарушенного породного массива, который был вовлечен в процесс деформирования при протекании обрушения пород кровли. Поэтому для обоснованного определения условий, при которых возможно восстановление горной выработки после обрушения пород кровли, требуется анализ напряженно-деформированного состояния породного массива на основании полученной информации с использованием технологии дистанционного зондирования или сканирования.

Обычно при анализе напряженно-деформированного состояния породного массива в каждом конкретном случае выявляют наиболее слабое звено, устойчивое состояние которого предопределяет состояние всех остальных звеньев, и исходя из этого выносят решение о восстановлении или невозможности восстановления горной выработки после чрезвычайной ситуации.

При разработке месторождений полезных ископаемых слабым звеном часто является кровля выработок, так как именно в ней, в первую очередь, возможно образование областей растягивающих напряжений, которые ответственны за образование трещин.

Анализ состояния горных пород в подземных выработках, не эксплуатируемых длительное время после чрезвычайной ситуации, на основании снимков, полученных путем удаленной съемки, 3D-лазерного сканирования, показал, что с достаточной точностью можно определить лишь смещение горных пород кровли. Причем характерный размер области, в которой произошло смещение горных пород, равен длине / образовавшейся трещины. Она, в свою очередь, должна быть соизмерима с характерными размерами полученного объема нарушенных горных пород, который определен относительно их деформационных свойств и напряжений в работах [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. Предполагая, что горные породы в области смещения будут хрупкими, а также будут иметь в наличии трещины отрыва, мы получим следующую математическую модель дистанционно зондированного участка относительно нормальных напряжений, разработанную методом аналогий с работой [14]:

$$\sigma_x = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left( 1 - \sin \frac{\theta}{2} \cdot \sin \frac{3}{2} \theta \right), \quad (1)$$

$$\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left( 1 + \sin \frac{\theta}{2} \cdot \sin \frac{3}{2} \theta \right), \quad (2)$$

$$\sigma_z = \nu (\sigma_x + \sigma_y), \quad \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0. \quad (3)$$

где  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  и  $\sigma_z$  – нормальные напряжения;  $K_I = \sigma \sqrt{\pi l}$  – коэффициент интенсивности напряжений;  $r$  – радиус-вектор;  $\theta$  – угол, отсчитываемый от продолжения трещины,  $-\pi < \theta < \pi$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значения нормальных напряжений, полученные с помощью выражений (1), (2) и (3), позволяют определить поле напряжений в области смещения горных пород в кровле выработки, обнаруженных путем использования технологии дистанционного зондирования. Если полученные значения нормальных компонентов напряжений не превосходят пределы прочности на растяжение горных пород в области смещения, то горная выработка подлежит восстановлению. В противном случае горная выработка не восстанавливается из-за больших затрат.

### Список литературы

- LiDAR mapping of ground damage in a heading re-orientation case study / N. Evaneck, B. Slaker, A. Iannacchione et al. // International Journal of Mining Science and Technology. 2021. Vol. 31. Is. 1. P. 67-74.
- Slaker B.A., Murphy M.M., Miller T. Analysis of extensometer, photogrammetry and laser scanning monitoring techniques for measuring floor heave in an underground limestone mine // Transactions of Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. 2018. Vol. 344. No. 1. P. 31-37.
- Chen S., Walske M.L., Davies I.J. Rapid mapping and analysing rock mass discontinuities with 3D terrestrial laser scanning in the underground excavation // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2018. Vol. 110. P. 28-35.
- An in situ monitoring campaign of a hard rock pillar at great depth within a Canadian mine / B. Forbes, N. Vlachopoulos, M.S. Diederichs et al. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2020. Vol. 12. Is. 3. P. 427-448.
- Левкин Ю.М. Маркшейдерское обеспечение подземных горных выработок подлежащих восстановлению // Маркшейдерский вестник. 2022. № 1. С. 30-32.
- Федунец Н.И., Левкина С.Ю. Создание модели мониторинга устойчивости горных выработок по средним напряжениям и деформациям // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № 55. С. 150-155.
- Халкчев Р.К., Халкчев К.В. Математическое моделирование неоднородного упругого поля напряжений породного массива кристаллической блочной структуры // Горный журнал. 2016. № 3. С. 200-205.
- Халкчев Р.К., Халкчев К.В. Управление селективностью разрушения при дроблении и измельчении геоматериалов на основе методов подобия и размерности в динамике трещин // Горный журнал. 2016. № 6. С. 64-66.
- Халкчев К.В. Системный подход к разработке математического обеспечения ГИС лавинного районирования по напряженно-деформированному состоянию снега на склонах горных терри-



- торий // Устойчивое развитие горных территорий. 2020. Т. 12. № 1. С. 88-93.
10. Халкечев К.В. Нелинейная математическая модель динамической системы трещиноватости в минералах углевмещающих горных пород // Уголь. 2019. № 10. С. 92-94. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-10-92-94.
  11. Халкечев Р.К. Нечеткая математическая модель изменения концентрации трещин в минерале под действием внешней нагрузки // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 6. С. 97-105.
  12. Кузин Е.А., Халкечев К.В. Математическая модель определения формы устойчивого целика поликристаллической структуры в углевмещающих породах // Уголь. 2020. № 2. С. 22-25. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-2-22-25.
  13. Кузин Е.А., Халкечев К.В. Определение управляющих пространственно-геометрических параметров устойчивых горных выработок // Уголь. 2020. № 9. С. 67-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-9-65-67.
  14. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. М: Наука, 1974. 640 с.

TECHNICAL NEWS

Original Paper

UDC 622.001.5:658.012.122:51.001.57 © Yu.M. Levkin, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 32-34  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-32-34>

**Title**  
**THE USAGE OF REMOTE SENSING TECHNOLOGY AND MATHEMATICAL MODELING FOR THE ANALYSIS OF EMERGENCY MINE WORKINGS**

**Author**

Levkin Yu.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Member of the Russian Union of Surveyors, Moscow, 105064, Russian Federation

**Authors Information**

**Levkin Yu.M.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
 e-mail: lev5353@bk.ru

**Abstract**

In the presented article, a method of analyzing emergency mine workings for their restoration is proposed. This method is based on the use of underground unmanned aerial vehicles equipped with innovative laser scanning or sensing technologies that allow remote monitoring of areas of rock displacements in the roof at emergency mining sites. The use of this remotely controlled surveying equipment allows you to determine the location and size of dangerous areas of displacement of rocks in the roof. Based on this, with the help of the proposed mathematical model, the values of the normal stress components in the studied displacement regions are established. As a result, if the values of the normal stress components in these displacement areas do not exceed the tensile strength of rocks, then the mining is subject to restoration.

**Keywords**

Underground mining excavations hazardous to human life, Disturbed rock mass, Cleavage crack, Stress intensity factor, Unmanned aerial vehicles, Remote sensing.

**References**

1. Evaneck N., Slaker B., Iannacchione A. & Miller T. LiDAR mapping of ground damage in a heading re-orientation case study. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2021, Vol. 31, (1), pp. 67-74.
2. Slaker B.A., Murphy M.M. & Miller T. Analysis of extensometer, photogrammetry and laser scanning monitoring techniques for measuring floor heave in an underground limestone mine. *Transactions of Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc*, 2018, Vol. 344, (1), pp. 31-37.
3. Chen S., Walske M.L. & Davies I.J. Rapid mapping and analysing rock mass discontinuities with 3D terrestrial laser scanning in the underground excavation. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2018, (110), pp. 28-35.
4. Forbes B., Vlachopoulos N., Diederichs M.S., Hyett A.J. & Punkkinen A. An in situ monitoring campaign of a hard rock pillar at great depth within a Canadian mine. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2020, Vol. 12, (3), pp. 427-448.
5. Levkin Y.M. Surveying support of underground mine workings subject to restoration. *Markshejderskij vestnik*, 2022, (1), pp. 30-32.

6. Fedunets N.I. & Levkina S.Yu. Creation of stability monitoring model for mine workings based on average stresses and strains. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2010, (55), pp. 150-155. (In Russ.).
7. Khalkechev R.K. & Khalkechev K.V. Mathematical modeling of non-uniform elastic stress field of a rock mass with crystalline block structure. *Gornyj zhurnal*, 2016, (3), pp. 200-205. (In Russ.).
8. Khalkechev R.K. & Khalkechev K.V. Management of fracture selectivity in crushing and milling of geomaterials based on similarity and dimensional methods in fracture dynamics. *Gornyj zhurnal*, 2016, (6), pp. 64-66. (In Russ.).
9. Khalkechev K.V. A system approach to development of mathematical support for GIS avalanche zoning based on the stress-and-strain state of snow on the slopes of mountainous areas. *Ustojchivoe razvitie gornyh territorij*, 2020, Vol. 12, (1), pp. 88-93. (In Russ.).
10. Khalkechev K.V. Nonlinear mathematical model of the fracturing dynamic system in minerals of coal-bearing rocks. *Ugol'*, 2019, (10), pp. 92-94. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-10-92-94.
11. Khalkechev R.K. Fuzzy mathematical model of fracture concentration changes in a mineral under external load. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2019, (6), pp. 97-105. (In Russ.).
12. Kuzin E.A. & Khalkechev K.V. Mathematical model for determining the shape of a stable pillar of a polycrystalline structure in carbon-bearing rocks. *Ugol'*, 2020, (2), pp. 22-25. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-2-22-25.
13. Kuzin E.A. & Khalkechev K.V. Determination of control spatial and geometric parameters of stable mine workings. *Ugol'*, 2020, (9), pp. 65-67. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-9-65-67.
14. Cherepanov G.P. Mechanics of brittle fracture. Moscow, Nauka Publ., 1974, 640 p. (In Russ.).

**For citation**

Levkin Yu.M. The usage of remote sensing technology and mathematical modeling for the analysis of emergency mine workings. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 32-34. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-32-34.

**Paper info**

Received April 14, 2022

Reviewed April 28, 2022

Accepted May 23, 2022

# Математический инструментарий выбора стратегий устойчивого экономического развития регионов Арктической зоны Российской Федерации\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-35-40>

В статье представлены три трехфакторные модели зависимости результативного показателя экономической деятельности – валового регионального продукта от факторных показателей, которыми послужили показатели, характеризующие экономическое состояние некоторых отраслей и сфер деятельности региона. Эти факторные показатели отобраны из перечня основных социально-экономических показателей ежегодной государственной статистической отчетности Российской Федерации. Результаты расчетов показали достоверность и надежность моделей и позволили разделить все факторные показатели по значению коэффициента корреляции на несколько групп. В результате для каждого региона осталось только по три факторных показателя, которые следует назвать ключевыми факторами стратегического развития. На основе этих показателей для каждого региона построены новые модели и рассчитаны краткосрочные прогнозы изменения факторных показателей, что позволило определить аналогичные по срокам прогнозы изменения валового регионального продукта.

**Ключевые слова:** Арктическая зона, северный регион, экономическое пространство, социально-экономическое прогнозирование, комплексный план развития.

**Для цитирования:** Математический инструментарий выбора стратегий устойчивого экономического развития регионов Арктической зоны Российской Федерации / Л.Н. Бабкина, Т.П. Скуфьина, В.В. Левитес и др. // Уголь. 2022. № 6. С. 35-40. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-35-40.

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время особое внимание уделяется состоянию и возможностям устойчивого развития территорий Арктической зоны Российской Федерации [1, 2].

Актуальность исследования обусловлена несколькими причинами. К первой из которых следует отнести необходимость реализации тринадцати национальных проектов и входящих в их состав федеральных проектов и одного комплексного плана, принятых в мае 2018 г., срок реализации которых намечен на 31 декабря 2024 г.

## БАБКИНА Л.Н.

Доктор экон. наук, профессор, профессор кафедры государственного и муниципального управления ФГБОУ ВО Северо-Западный институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, 199178, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: babkina-ln@ranepa.ru

## СКУФЬИНА Т.П.

Доктор экон. наук, профессор, главный научный сотрудник Института экономических проблем им. Г.П. Лузина Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», 184209, г. Апатиты, Россия,  
e-mail: skufina@gmail.com

## ЛЕВИТЕС В.В.

Канд. пед. наук, декан факультета математических и естественных наук ФГБОУ ВО «Мурманский арктический государственный университет», 183038, г. Мурманск, Россия,  
e-mail: levites.vera@masu.edu.ru

\* Исследование включает результаты, полученные за счет гранта РНФ № 19-18-00025.

**СКОТАРЕНКО О.В.**

Доктор экон. наук, доцент,  
профессор кафедры  
экономики и управления  
ФГБОУ ВО «Мурманский арктический  
государственный университет»,  
183038, г. Мурманск, Россия,  
e-mail: ksen-13@mail.ru

**ХАЦЕНКО Е.С.**

Канд. экон. наук, доцент,  
председатель Комитета  
молодежной политики  
Мурманской области,  
183038, г. Мурманск, Россия,  
e-mail: egor-mur@bk.ru

Результаты реализации двух видов проектов – национальных и федеральных, а также конкретных пунктов из комплексного плана окажут существенное влияние на увеличение двух основных показателей, один из которых отражает состояние всей экономики любого региона – это валовой региональный продукт, а второй – среднедушевые денежные доходы населения, которые характеризуют уровень жизни населения, в том числе и регионов Арктической зоны.

Второй причиной, обуславливающей актуальность исследования, служит, на наш взгляд, возможность идентифицировать критерии реализации национальных и федеральных проектов с показателями ежегодной государственной статистической отчетности и контролировать процесс достижения конечных результатов.

Третья причина состоит в том, чтобы выявить основные показатели, которые являются факторными и оказывают наиболее существенное влияние на получение конечных результатов экономической деятельности – валового регионального продукта и среднедушевых денежных доходов населения. Эти показатели можно назвать ключевыми факторами успеха региональной социально-экономической политики, которые должны подлежать мониторингу и прогнозированию.

Среди отечественных авторов, рассматривающих проблемы разработки методологических подходов к исследованию региональной экономики, следует отметить таких как А.Г. Гранберг, В.И. Сулов, С.А. Суспицын [1]; А.С. Новоселов [2]; Л.Н. Бабкина, О.В. Скотаренко [3, 4], в частности, Арктических территорий – это И.М. Зайченко, О.В. Калинина, С.С. Гутман [5]; Г.Ф. Ромашкина, Н.И. Диденко, Д.Ф. Скрипник [6]. Так, например, в научной литературе для определения экстремальных структурных элементов роста экономического потенциала регионов предлагается использовать инструментарий цифровизации экономических процессов [7].

Значительный вклад в формирование различных теоретических моделей региональной экономики внесли такие выдающиеся зарубежные ученые, как Д. Белл [8], Х. Иннис [9, 10], К. Кларк [11], Т. Манн [12], Г. Мюрдаль [13], Р. Солоу [14], Э. Хекшер [15] и др. Основы квалиметрического подхода к исследованию социально-экономических явлений и процессов разработаны таким отечественным ученым как Г.Г. Азгальдов [16]. Решение одной из таких ключевых проблем, как использование нового научно-методического аппарата при управлении территориальными процессами в Арктической зоне, возможно на основе использования квалиметрического методологического подхода [17].

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Методологической базой исследования являются труды отечественных и зарубежных ученых в области региональной экономики. В качестве источников информации использовались официальные сайты Росстата и его территориальных органов, Правительства Мурманской области.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

На первом этапе по первому виду (группе) моделей, по результативному показателю – валовому региональному продукту ( $Y_1$ ) составлен статистический ряд за 12 лет, с 2007 по 2018 гг., на основе ежегодной государственной статистической отчетности [18]. Факторными показателями послужили основные экономические показатели, отобранные из всего перечня социально-экономических показателей – критериев деятельности регионов, которые также представлены в том же источнике статистической информации. Сформирован перечень



многофакторных моделей, в состав каждой из которых вошли по несколько факторных показателей.

Так, в первую модель первого вида были включены такие показатели статистической отчетности, как: среднегодовая численность занятых (в экономике), тыс. чел. ( $X_1$ ); инвестиции в основной капитал (в фактически действовавших ценах), млн руб. ( $X_2$ ); стоимость основных фондов в экономике (по учетной стоимости), млн руб. ( $X_3$ ). Во вторую модель вошли факторные показатели, характеризующие объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по видам экономической деятельности: добыча полезных ископаемых, млн руб. ( $X_4$ ); обрабатывающие производства, млн руб. ( $X_5$ ); обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха, млн руб. ( $X_6$ ). Факторными показателями третьей модели послужили такие, как: ввод в действие жилых домов, тыс. м<sup>2</sup> общей площади жилых помещений ( $X_7$ ); оборот розничной торговли, млн руб. ( $X_8$ ); сальдированный финансовый результат (прибыль минус убыток) деятельности организаций, млн руб. ( $X_9$ ).

Таким образом, сформированы следующие три уравнения множественной регрессии, включающие по три фактора:

$$Y_1 = F(X_1; X_2; X_3); \quad (1)$$

$$Y_2 = F(X_4; X_5; X_6); \quad (2)$$

$$Y_3 = F(X_7; X_8; X_9). \quad (3)$$

На втором этапе исследований для каждого из четырех регионов Арктической зоны – Мурманской области и Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов были произведены соответствующие расчеты по каждому из шести уравнений множественной регрессии, представленных выше. Каждое уравнение по каждому региону прошло проверку на верифицируемость по всем необходимым критериям.

Так, результаты расчетов позволили определить коэффициенты уравнений множественной регрессии  $a_j$ :

– для первого уравнения регрессии –  $a_1, a_2, a_3$ ;

– для второго уравнения регрессии –  $a_4, a_5, a_6$ ;

– для третьего уравнения регрессии –  $a_7, a_8, a_9$ .

На третьем этапе составляем перечень коэффициентов корреляции  $r(Y_i, X_j)$ . Полученные коэффициенты корреляции показывают связь каждого факторного показателя с соответствующим результативным и отражают силу зависимости или влияния факторных показателей на результативный. Кроме того, важным результатом расчетов являются полученные коэффициенты эластичности  $\mathcal{E}_j$  ( $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \dots, \mathcal{E}_9$ ), которые показывают, на сколько процентов изменится результативный показатель (увеличится или уменьшится) при увеличении факторного показателя на один процент (1%) при элиминированном влиянии других факторных показателей.

На четвертом этапе отбираем только те факторные показатели, у которых коэффициенты корреляции соответствуют более значимому влиянию или отличаются более сильной зависимостью с результативными показателями. Для определения степени влияния факторов на ре-

зультативный признак воспользуемся шкалой Чеддока.

На пятом этапе можно рассчитать статистическими методами краткосрочные прогнозы изменения (роста, снижения) отобранных факторных показателей для каждого региона Арктической зоны.

На шестом этапе, исходя из полученных прогнозов величин факторных показателей с сильным влиянием на результативные – объем валового регионального продукта и среднедушевые доходы населения, рассчитываем краткосрочные прогнозы их изменения в каждом регионе Арктической зоны. Такие расчеты можно провести двумя методами.

Первый метод заключается в том, что полученные прогнозируемые величины факторных показателей необходимо подставить в уравнение множественной регрессии. Вторым методом предполагается такой алгоритм расчетов прогнозов: сначала осуществляется расчет темпов изменения (прироста, уменьшения) величины каждого факторного показателя в процентах, а затем производится умножение полученного темпа изменения (прироста, снижения) на коэффициент эластичности.

Седьмой этап заключается в формировании перечня рекомендаций по дальнейшему развитию отраслей и сфер экономической деятельности, которые можно назвать точками или отраслями (сферами) роста и которые оказывают наиболее значимое влияние на увеличение результативных показателей социально-экономической деятельности регионов Арктической зоны.

Из данных анализа можно сделать следующие выводы для Мурманской области.

1. Все отобранные факторные показатели из перечня основных социально-экономических показателей, представленных в ежегодной государственной статистической отчетности, находятся в сильной корреляционной взаимосвязи с основным экономическим показателем – валовым региональным продуктом (ВРП) как результативным. На такую взаимосвязь указывают значения всех девяти коэффициентов корреляции более 0,81.

2. Восемь факторных показателей оказывают положительное влияние на результативный показатель, что означает рост объемов валового регионального продукта при увеличении факторного, и только один показатель – среднегодовая численность занятых в экономике ( $X_1$ ) отрицательно влияет на ВРП, поскольку при увеличении численности занятых объемы ВРП как основного экономического показателя при прочих равных условиях снижаются.

3. Полученные значения коэффициентов эластичности отражают то, что при увеличении среднегодовой численности занятых в экономике Мурманской области на 1% произойдет снижение объемов ВРП на 3,4%. Коэффициенты эластичности всех остальных показателей по своему количественному значению варьируются от 0,7% для показателя оборота розничной торговли ( $X_8$ ) до 0,07% для двух показателей – инвестиции в основной капитал ( $X_2$ ) и ввод в действие жилых домов ( $X_7$ ). Такая разница составляет десять раз. Распределение факторных показателей по величине коэффициента

эластичности больше 0,1% от большего к меньшему количественному позволило распределить места в перечне положительно влияющих факторов. Так, на первом месте находится оборот розничной торговли ( $X_8$ ), на втором – обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха ( $X_6$ ), на третьем – сальдированный финансовый результат деятельности организаций (прибыль минус убыток) ( $X_9$ ), на четвертом месте два показателя – добыча полезных ископаемых и обрабатывающие производства.

Для экономического развития Ненецкого автономного округа характерны следующие особенности:

– из девяти факторных показателей два оказывают отрицательное воздействие на объем валового регионального продукта. К ним относятся инвестиции в основной капитал ( $X_2$ ) и ввод в действие жилых домов ( $X_7$ ). Однако величина коэффициентов корреляции характеризует отсутствие связи этих факторов с результативным показателем. Кроме этих двух факторов к этим двум можно отнести и положительно влияющий фактор – сальдированный финансовый результат ( $X_9$ ) также с практически отсутствующим влиянием на ВРП. Эти три фактора можно объединить в одну группу. Ко второй группе отнесем факторы, отличающиеся средней зависимостью (влиянием), к которым принадлежат  $X_1$  и  $X_3$  – среднегодовая численность занятых в экономике и обрабатывающие производства. В третью группу входят остальные четыре факторных показателя с идентичными величинами коэффициентов корреляции от 0,94 до 0,98, это обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха ( $X_6$ ), стоимость основных фондов ( $X_3$ ) и добыча полезных ископаемых ( $X_4$ ), и оборот розничной торговли ( $X_8$ );

– анализ полученных коэффициентов эластичности факторов, составляющих вторую группу, показывает, что самое значительное приращение ВРП на 1,48% в этом автономном округе осуществляется за счет увеличения среднегодовой численности занятых в экономике ( $X_1$ ) на 1%. Приращение второго факторного показателя этой группы – объемов обрабатывающих производств ( $X_3$ ) на 1% сопровождается незначительным ожидаемым ростом ВРП на 0,07%. В третьей группе факторных показателей лидирует оборот розничной торговли ( $X_8$ ), увеличение которого на 1% позволяет теоретически увеличить объем ВРП на 1,08%. Стоимость основных фондов ( $X_3$ ) и добыча полезных ископаемых ( $X_4$ ) при своем увеличении на 1% влекут за собой одинаковый прирост объемов ВРП на 0,64%. И самое незначительное приращение результативного показателя на 0,14% – от увеличения показателя «обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» ( $X_6$ ). В общем размах вариации коэффициентов эластичности находится в границах от 0,002 до 1,48% и означает разницу между максимальным и минимальным значениями в 740 раз.



Прогноз ВРП на 2020-2022 гг., млн руб.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование влияния основных экономических показателей как факторов изменения (увеличения, снижения) объемов валового регионального продукта в четырех регионах Арктической зоны РФ показало, что только в Мурманской области все 100% основных экономических показателей обладают сильной корреляционной связью с выбранным результативным показателем, в Ямало-Ненецком автономном округе таких показателей 77%, Ненецкий и Чукотский автономные округа отличаются от остальных регионов одинаковым процентом показателей с сильной корреляционной связью, равным 44%. Однако не все эти так называемые сильные факторные показатели в регионах характеризуются достаточно высоким коэффициентом эластичности, который выше 0,5%.

Так, например, в Мурманской области только три показателя из сильных факторных обладают соответствующим коэффициентом эластичности, это среднегодовая численность занятых в экономике ( $X_1$ ), обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха ( $X_6$ ) и оборот розничной торговли ( $X_8$ ).

Таким образом, эти факторные показатели можно назвать так: точками (отраслями и сферами) экономического роста в регионах; факторами сильных сторон состояния экономической среды; ключевыми факторами конкурентной позиции региона в настоящее время.

Согласно программно-целевому методологическому подходу и принципу стратегического управления «прогноз – программа – план» определение прогнозных значений как результативного (ВРП), так и факторных показателей ( $X_j$ ) является основой для формирования новых и корректировки существующих стратегических целей устойчивого социально-экономического развития регионов и критериев их реализации. Поэтому с помощью статистических методов были получены краткосрочные прогнозы на три года ВРП (см. рисунок) и факторных показателей для каждого региона.

Как видно из полученных прогнозов (см. рисунок), темпы прироста валового регионального продукта в 2020 г. по отношению к 2019 г. во всех регионах составили отрицательную величину. Так, наибольшее снижение в Ямало-Ненецком АО (35,27%), наименьшее – в Чукот-

ском АО (7,25%). В Ненецком АО и Мурманской области темпы снижения составили 22,09% и 16,61%, соответственно. В 2021 г. по отношению к 2020 г. ожидается максимальный прирост ВРП (35,62%) также в Ямало-Ненецком АО, а наименьший – в Мурманской области (11,97%) и в Чукотском АО (12,22%) Ненецкий АО занимает среднюю позицию по темпам прироста ВРП (18,82%). И в 2022 г. во всех регионах ожидаемые темпы прироста ВРП будут снижаться от наибольшей величины, равной 8,01% в Мурманской области, до отрицательной величины (минус 5,23%) в Чукотском АО. В Ненецком и Ямало-Ненецком АО темпы прироста составят 6,85% и 7,3% соответственно.

Поэтому для формирования стратегий дальнейшего устойчивого экономического развития этих регионов необходимо провести дифференцированный структурный анализ среднегодовой численности занятых по отраслям экономики и сферам деятельности и определить соответствующие коэффициенты корреляции и эластичности.

К основным рекомендациям для территориальных систем управления Мурманской области, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов следует отнести прежде всего необходимость корректировки существующих стратегических целей и формирования новых целей, позволяющих решить проблему привлечения и эффективности использования трудовых ресурсов в каждой отрасли и сфере деятельности.

Следовательно, формирование и реализация стратегий увеличения объемов производства и распределения электроэнергии, газа и воды имеют большое значение для Мурманской области и Чукотского автономного округа, особенно на основе дальнейшего развития атомной энергетики и реализации социально-экономических стратегий.

Кроме того, необходимо создать перспективные планы с целью повысить эффективность производства и распределения электроэнергии, газа и воды и координировать эти планы с мероприятиями по созданию более современных и обновленных основных фондов [19], поскольку, как показывает полученное значение и знак коэффициента эластичности, увеличение инвестиций в основной капитал приводит не к росту, а хотя и незначительному, но снижению стоимости валового регионального продукта.

### Список литературы

1. Гранбер А.Г., Суслов В.И., Суспицын С.А. Экономико-математические исследования монорегиональных систем // Региональная экономика и социология. 2008. № 2. С. 120-150.
2. Новоселов А.С., Иценков О.О., Убоженко Е.Е. Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов // Проблемы современной экономики. 2021. № 1. С. 115-119.
3. Бабкина Л.Н., Скотаренко О.В. Особенности квалиметрического подхода в региональных исследованиях // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2013. № 5. С. 161-165.
4. Скотаренко О.В. Новые методы оценки уровня социально-экономического развития регионов России // Вестник МГТУ: Серия социально-экономические науки. 2012. № 1. С. 220-229.
5. Zaychenko I.M., Kalinina O.V. & Gutman S.S. Labor resources of the Far North territories: Problems and prospects / Proceedings of the 28<sup>th</sup> International Business Information Management Association Conference – Vision 2020: Innovation Management Development Sustainability and Competitive Economic. 2016. Growth. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85013952661&partnerID=40&md5=bda7edf13ac09f3fd66efa18a3542a77> (дата обращения: 15.05.2022).
6. Romashkina G.F., Didenko N.I., Skripnuk D.F. Socioeconomic modernization of Russia and its Arctic regions // Studies on Russian Economic Development. 2017. № 1. P. 22-30.
7. Tools for digitalization of economic processes for supporting management decision-making in the Arctic region / N. Babkin, S. Bespalova, L. Senetskaya et al. / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 302. Is. 1. 6 August. No 012147 4th International Scientific Conference on Arctic: History and Modernity; Saint Petersburg; Russian Federation 151045.
8. Bell D. The cultural contradictions of capitalism. 1978 (New York Basic books Cop XXXIV).
9. Innis H. The idea file of Harold William Christian Toronto. 1980. (etc. Univ of Toronto press Cop XXI).
10. Clark C. Bioeconomic modelling and fisheries management. 1985. (New York etc. Wiley XII).
11. Mun T. England's treasure by forraing trade. 1985. (New York London Macmillan XVI).
12. Myrdal G. Historien an American dilemma. 1987. (Stockholm SNS forl Cop).
13. Solow R. Monopolistic competition and macroeconomic theory Cambridge. 1999. (Cambridge univ press).
14. Heckscher E. Texter i urval av Rolf G.H. Henriksson och Mats Lundahl . 2003. (Stockholm Timbro Cop).
15. Azgaldov G. Applied Qualimetry: Its origins, errors and misconceptions // Benchmarking: An International Journal. 2011. № 3. P. 428-444.
16. Kozin M., Plotnikov V. & Skotarenko O. Assessment of challenges, threats and prospects in development of cities and towns in the Arctic zone 2019 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 302. Is. 1. 6 August No 012103 4th International Scientific Conference on Arctic: History and Modernity; Saint Petersburg 151045.
17. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2020. М.: Росстат, 2020. 1242 с. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region\\_Pokaz\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region_Pokaz_2020.pdf) (дата обращения: 15.05.2022).
18. Козин М.Н., Скотаренко О.В., Бабкина Л.Н. Проблемы и перспективы развития энергетического комплекса в Арктической зоне // Экономика и управление. 2019. № 7. С. 31-38.



Original Paper

UDC 338.12 © L.N. Babkina, T.P. Skufina, V.V. Levites, O.V. Skotarenko, E.S. Khatsenko, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 35-40  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-35-40>

Title

### ECONOMETRIC MODELING OF THE SECTORAL PROGRAM FOR THE DEVELOPMENT AND FUNCTIONING OF COAL-INDUSTRIAL CLUSTERS IN THE REGIONAL ECONOMY

Authors

Babkina L.N.<sup>1</sup>, Skufina T.P.<sup>2</sup>, Levites V.V.<sup>3</sup>, Skotarenko O.V.<sup>3</sup>, Khatsenko E.S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> North-Western Institute of Management, Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration attached to the President of the Russian Federation

<sup>2</sup> Luzin Institute for Economic Studies Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences», Apatity, 184209, Russian Federation

<sup>3</sup> Murmansk Arctic State University, Murmansk, 183038, Russian Federation

<sup>4</sup> Murmansk regional government, Murmansk, 183038, Russian Federation

#### Authors Information

**Babkina L.N.**, Doctor of Economics Sciences, Professor, Professor of the Department of State and Municipal Administration, Saint Petersburg, 199178, Russian Federation, e-mail: [babkina-ln@ranepa.ru](mailto:babkina-ln@ranepa.ru)

**Skufina T.P.**, Doctor of Economics Sciences, Professor, Chief Researcher, e-mail: [skufina@gmail.com](mailto:skufina@gmail.com)

**Levites V.V.**, PhD of Philosophy (Pedagogical), Decan of the Faculty of Mathematical and Natural Sciences, e-mail: [levites.vera@masu.edu.ru](mailto:levites.vera@masu.edu.ru)

**Skotarenko O.V.**, Doctor of Economics Sciences, Associated professor, Professor of the Department of Economics and Management, e-mail: [ksen-13@mail.ru](mailto:ksen-13@mail.ru)

**Khatsenko E.S.**, PhD of Philosophy (Economics), Associated professor, Chief Of Youth department, e-mail: [egor-mur@bk.ru](mailto:egor-mur@bk.ru)

#### Abstract

The article presents three three-factor models of dependence of the gross regional product as an effective indicator of economic activity on factor indicators describing the economic condition of certain sectors and activities in the region. These factor indicators are chosen from the list of main socio-economic indicators from annual Russian government statistics reports. To study the economic dynamics in the selected sectors and activities in four Russian Arctic regions, we compiled statistical arrays for 15 years, from 2005 to 2019. The models helped carry out a correlation-regression analysis based on formulated and calculated equations of regression for each Arctic region, namely, Murmansk Oblast and three Autonomous Okrugs: Nenets, Yamalo-Nenets, and Chukotka. The calculation results showed that the models were accurate and reliable and helped divide all of the factor indicators into several groups by correlation coefficient value. For further studies and in order to identify promising sectors and activities, two criteria were used to select factor indicators: a correlation coefficient above 0.81, which shows a considerable influence on the gross regional product, and an elasticity coefficient above 0.5%, which shows that a change in a factor indicator by 1% will result in a more than 0.5% change in the gross regional product. As a result, there were only three factor indicators left for each region. Those should be called key factors of strategic development. Based on those indicators, new models were developed for each region, accompanied by short-term projections of change in the factor indicators, which made it possible to make similar projections of change in the gross regional product.

#### Keywords

The Arctic zone, Northern region, Economic space, Socio-economic forecasting, Comprehensive development plan.

#### References

1. Granber A.G., Suslov V.I. & Suspitsyn S.A. Economic and mathematical studies of mono-regional systems. *Regional' naya ekonomika i sotciologiya*, 2008, (2), pp. 120-150. (In Russ.).
2. Novoselov A.S., Itsenkov O.O. & Ubozhenko E.E. Economic challenges of regions and industrial complexes. *Problemy sovremennoj ekonomiki*, 2021, (1), pp. 115-119. (In Russ.).
3. Babkina L.N. & Skotarenko O.V. Specific features of the qualimetric approach in regional studies *Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta*. 2013, (5), pp. 161-165. (In Russ.).
4. Skotarenko O.V. New methods to assess the level of social and economic development of Russian regions. *Vestnik MGTU – Scientific Journal of MSTU: Social'no-ekonomicheskie nauki*, 2012, (1), pp. 220-229. (In Russ.).

5. Zaychenko I.M., Kalinina O.V. & Gutman S.S. Labor resources of the Far North territories: Problems and prospects / Proceedings of the 28th International Business Information Management Association Conference – Vision 2020: Innovation Management Development Sustainability and Competitive Economic. 2016. Growth. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85013952661&partnerID=40&md5=bda7edf13ac09f3fd66efa18a3542a77> (accessed 15.05.2022).

6. Romashkina G.F., Didenko N.I. & Skripnuk D.F. Socioeconomic modernization of Russia and its Arctic regions. *Studies on Russian Economic Development*, 2017, (10), pp. 22-30.

7. Babkin N., Bespalova S., Senetskaya L. & Skotarenko O. Tools for digitalization of economic processes for supporting management decision-making in the Arctic region / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 302. Is. 1. 6 August. No 012147 4th International Scientific Conference on Arctic: History and Modernity; Saint Petersburg; Russian Federation 151045.

8. Bell D. The cultural contradictions of capitalism. 1978 (New York Basic books Cop XXXIV).

9. Innis H. The idea file of Harold William Christian Toronto. 1980. (etc. Univ of Toronto press Cop XXI).

10. Clark C. Bioeconomic modelling and fisheries management. 1985. (New York etc. Wiley XII).

11. Mun T. England's treasure by forraing trade. 1985. (New York London Macmillan XVI).

12. Myrdal G. Historien an American dilemma. 1987. (Stockholm SNS forl Cop).

13. Solow R. Monopolistic competition and macroeconomic theory Cambridge. 1999. (Cambridge univ press).

14. Heckscher E. *Texter i urval av Rolf G.H. Henriksson och Mats Lundahl*. 2003. (Stockholm Timbro Cop).

15. Azgaldov G. Applied Qualimetry: Its origins, errors and misconceptions. *Benchmarking: An International Journal*, 2011, (3), pp. 428-444.

16. Kozin M., Plotnikov V. & Skotarenko O. Assessment of challenges, threats and prospects in development of cities and towns in the Arctic zone 2019 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 302. Is. 1. 6 August No 012103 4th International Scientific Conference on Arctic: History and Modernity; Saint Petersburg 151045.

17. Regions of the Russian Federation. Social and economic indicators-2020. Moscow, Federal State Statistics Service (Rosstat), 2020, 1242 p. Available at: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region\\_Pokaz\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region_Pokaz_2020.pdf) (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

18. Kozin M.N., Skotarenko O.V., Babkina L.N. Challenges and prospects for the development of the energy sector in the Arctic zone. *Ekonomika i upravlenie*, 2019, (7), pp. 31-38. (In Russ.).

#### Acknowledgements

The study includes the results obtained through the RNF grant No. 19-18-00025.

#### For citation

Babkina L.N., Skufina T.P., Levites V.V., Skotarenko O.V. & Khatsenko E.S. Econometric modeling of the sectoral program for the development and functioning of coal-industrial clusters in the regional economy. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 35-40. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-35-40.

#### Paper info

Received May 18, 2022

Reviewed May 20, 2022

Accepted May 23, 2022

# Перспективы развития имитационного моделирования горно-шахтного производства

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-41-43>

*Совершенствование подходов при решении технологических задач по увеличению производительности шахты и повышению эффективности деятельности горнодобывающей отрасли в целом заключается в необходимости наделения имитационной модели искусственным интеллектом.*

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, экспертная система, искусственный интеллект, эффективность, логистическая система, рудник.

**Для цитирования:** Козлова О.Ю. Перспективы развития имитационного моделирования горно-шахтного производства // Уголь. 2022. № 6. С. 41-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-41-43.

## КОЗЛОВА О.Ю.

Канд. техн. наук, доцент  
кафедры высшей математики  
и программирования РТУ МИРЭА,  
119454, г. Москва, Россия  
e-mail: kozmaster@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Дополнительная оснащенность программного обеспечения имитационных моделей искусственным интеллектом позволит значительно расширить их возможности по осуществлению принятия более точного оперативно-технологического решения, что должно обеспечить повышение эффективности работы горнодобывающего предприятия в целом за счет более полного вскрытия технологических резервов.

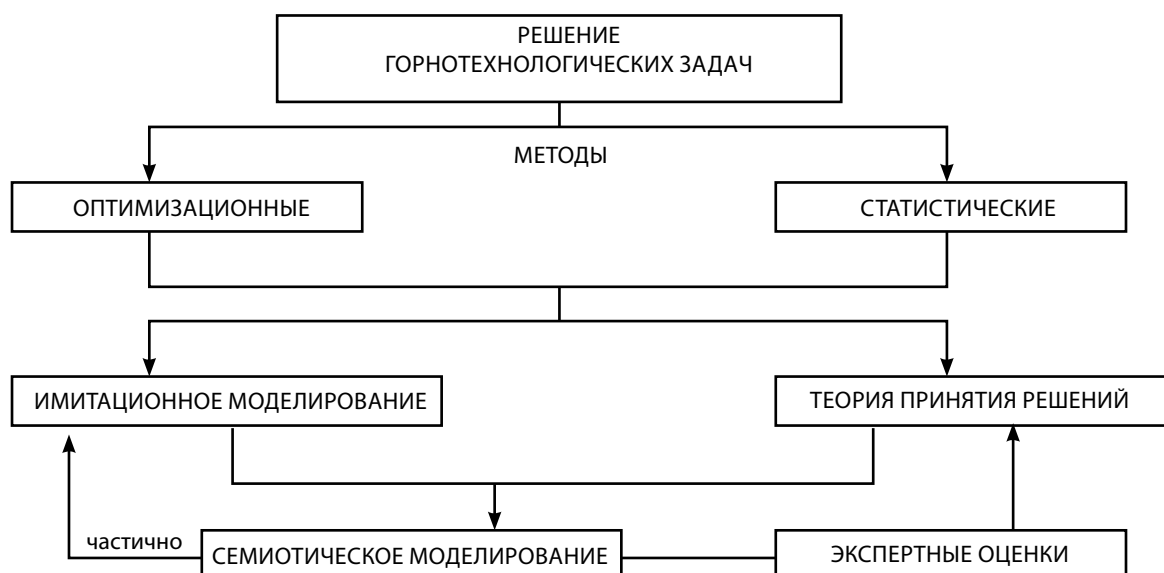
Проводимые на ряде шахт имитационные эксперименты (ИЭ), целью которых было совершенствование системы диспетчеризации горнодобывающего предприятия для оптимизации транспортных потоков, позволили сократить количество дорожно-транспортных машин за счет минимизации простоев транспорта в местах погрузки. Используемая при этом имитационная модель, выбранная из общего массива на основании анализа заложенных в них функциональных особенностей, была адаптирована для имитации логистической системы шахты, в результате чего повысилась эффективность транспортировки полезного ископаемого на фоне увеличения прибыли предприятия.

Несмотря на достигнутые положительные экономические результаты, становится очевидным, что действующие модели по своим функциональным особенностям имеют соответствующие ограничения при решении задач дальнейшего совершенствования технологического процесса, как самой добычи полезного ископаемого, так и его транспортировки.

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Полученные результаты ИЭ свидетельствуют о необходимости применения имитационного моделирования (ИМ), которое оказывает значительное влияние на оперативность принятия оптимальных технологических решений по организации транспортных потоков при подземной разработке полезного ископаемого в условиях ограниченного логистического пространства рудника с учетом ситуативного многообразия всей системы.

Анализ деятельности предприятий в целом после проведенных ИЭ раскрывает потребность дальнейшего совершенствования имитационных мо-



Методы решения технологических задач

делей, расширения области экспериментального применения.

С этой целью проведенный обзор научных разработок в области совершенствования IT-технологий и ИМ выявил ряд недостатков технологического характера функционирования существующих моделей. Таким образом, установлена закономерность, заключающаяся в том, что все многообразие программных продуктов ИМ обеспечивается оптимальной средой при создании моделей на основе адаптивных моделирующих конструкций, что расширяет возможность их модификации и трансформации.

Однако современные пакеты ИМ, имеющие в наличии современные процедуры выявления и обнаружения системных ошибок за счет автоматизации, все же не обладают свойствами моделей, наделенных искусственным интеллектом, позволяющим, в свою очередь, не только существенно повысить оперативность и точность принятия технологических решений, исключая возможные ошибки при их обосновании, но и вскрыть резервы системных решений по дальнейшему повышению эффективности деятельности предприятия.

Существующие ИМ, таким образом, имеют некоторые ограничения при автоматизированной обработке данных, исключающие экспертные знания, основанные на производственном опыте, интуитивном восприятии ситуации экспертом, на знаниях, полученных из различных информационных источников.

При постановке задачи, связанной с повышением эффективности работы логистической системы предприятия становится очевидным тот факт, что основным ограничением повышения производительности является технологическая ограниченность логистической системы, а резервы повышения эффективности деятельности предприятия находятся в области поиска решения задач по возможному увеличению добычи полезного ископаемого.

Исследования в области поиска дальнейшего совершенствования подходов к решению технологических задач, способных обеспечить увеличение производительности шахты и повысить эффективность деятельности горнодобывающей отрасли в целом, указывают на необходимость поиска путей совершенствования принципов ИМ, а именно наделение последних системными продуктами с использованием искусственного интеллекта.

При этом создание интеллектуальных IT-программ отличается от существующего программного обеспечения ИМ тем, что искусственный интеллект предполагает реализацию задач по использованию трудноформализуемых факторов, указанных выше.

Проводимые исследования указывают на возможность решения поставленных задач методами моделирования процессов принятия решения, разрабатываемых в рамках проблематики искусственного интеллекта (ИИ) [1]. ИИ, имитируя мышление, оперируя понятиями или их символами, формирует семиотические модели, в отличие от математических, оперирующих числами или их символами [2].

ИИ технологической системы комплексно-механизированной выемки полезного ископаемого понимается как перспективное программное обеспечение семиотических и математических моделей принятия решений и их параметризации [3].

Для расширения возможностей использования прикладных аспектов пакетов ИМ необходимо обеспечить следующие составляющие: простоту разработки и архитектурное исполнение модели, количество заранее сформированных программных компонентов, низкую трудоемкость ее реализации и присутствие необходимого набора форматов для вывода печатных и графических результатов с анимацией. Кроме того, нужно обеспечить возможность модификации и трансформации программного обеспечения со специальными система-



ми управления к реальным задачам, а также совершенствование функциональных возможностей интерфейса и расширение функциональных возможностей языка программирования.

Согласно исследованиям [4] понятие семиотической системы позволяет представить методы решения технологических задач следующим образом (см. рисунок).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При этом следует учитывать, что для обеспечения лучшего восприятия результатов ИМ выдаваемое изображение на экран дисплея достигается за счет возможной применимости семиотического моделирования, где в качестве инструмента применяется семантический анализ, позволяющий проведение оценки семантики слабоструктурированных или морфологически сложных визуальных информационных моделей [5]. В обработке используется серия изображений разной плотности, а далее вводится понятие условной системы координат изображения, позволяющей переносить информацию с разных визуальных моделей на синтетическую результирующую визуальную модель.

### Список литературы

1. Козлов В.В. Анализ опыта разработки интеллектуальных технологических систем // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск: Разработка основ создания экспертной системы по оптимизации параметров разворота механизированного комплекса. 2010. № 6. С.17-24.
2. Глазов Д.Д. Искусственный интеллект гибкой технологии комплексно-механизированной выемки угля. В сборнике научных трудов: Подземная разработка тонких и средней мощности угольных пластов. Тула: ТулПИ, 1986. С. 26-36.
3. Козлов В.В. Моделирование гибких технологических систем агрегатной выемки угля // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельный выпуск: Разработка основ создания экспертной системы по оптимизации параметров разворота механизированного комплекса. 2010. № 6. С.11-16.
4. Козлов В.В. Методология обоснования принципов формализации горно-технологических задач. (Монография), М.: МГГУ, 2010. С. 240.
5. Семантика визуальных моделей в космических исследованиях / В.П. Савиных, С.Г. Господинов, С.А. Кудж и др. // Russian Technological Journal. 2022. Т. 10. № 2. С. 51-58. DOI: 10.32362/2500-316X-2022-10-2-51-58.

Original Paper

UDC 622.272(043.3) © O.Yu. Kozlova, 2022  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 41-43  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-41-43>

Title

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MINING SIMULATION MODELLING**

Author

Kozlova O.Yu.<sup>1</sup>

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

Authors Information

**Kozlova O.Yu.**, PhD (Engineering), Assistant Professor, Department of Higher Mathematics and Programming, e-mail: [kozmaster@mail.ru](mailto:kozmaster@mail.ru)

Abstract

Enhancement of approaches to solve technological challenges, to increase the mine output and to improve the performance of the mining industry in general, requires introduction of Artificial Intelligence into simulation modelling.

Keywords

Simulation modelling, Expert system, Artificial Intelligence, Efficiency, Logistic system, Mine.

References

1. Kozlov V.V. Analysis of experience in developing intelligent technological systems/ *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, Special Issue: Development of a framework for creation of an expert system to optimize the turning parameters of a mechanized mining complex, 2010, (6), pp.17-24. (In Russ.).
2. Glazov D.D. Artificial Intelligence in flexible technology of complex mechanized coal mining. Collection of research papers: Underground mining of

thin and medium bed coal seams. Tula, Tula Polytechnic Institute Publ., 1986, pp. 26-36. (In Russ.).

3. Kozlov V.V. Modelling of flexible technological systems for unmanned coal mining. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, Special Issue: Development of a framework for creation of an expert system to optimize the turning parameters of a mechanized mining complex, 2010, (6), pp. 11-16. (In Russ.).

4. Kozlov V.V. A methodology for justifying the formalization principles of mining technology tasks. Moscow, MGGU Publ., 2010, 240 p. (In Russ.).

5. Savinykh V.P., Gospodinov S.G., Kudzh S.A., Tsvetkov V.Ya. & Deshko I.P. Semantics of visual models in space research. *Russian Technological Journal*, 2022, Vol. 10. (2), pp. 51-58. (In Russ.). DOI: 10.32362/2500-316X-2022-10-2-51-58.

For citation

Kozlova O.Yu. Prospects for the development of mining simulation modelling. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 41-43. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-41-43.

Paper info

Received April 1, 2022

Reviewed, April 16, 2022

Accepted May 23, 2022

UNDERGROUND MINING

# Анализ процесса измельчения слабых горных пород

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-44-47>

## ГОРЛОВ И.В.

Профессор Тверского государственного технического университета (ТВГУ),  
170026, Тверь, Россия,  
e-mail: gorloviv@yandex.ru

## МИТУСОВ П.Е.

Главный специалист технического отдела Московского научно-исследовательского проектно-изыскательского института технологий и инноваций (МНИПИИТИ),  
117105, Москва, Россия,  
e-mail: p.mitusov@mnipiiti.ru

## БЕЛЯЕВ А.М.

Аспирант НИТУ «МИСИС»,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: al.m.belyaev@ya.ru

*В статье проведен анализ и представлен обзор принципов дробления различных горных пород в широко применяемых горных машинах и агрегатах. Дано описание основных и сопутствующих процессов и определены параметры, влияющие на энергоэффективность.*

**Ключевые слова:** измельчитель-классификатор, деформация породы, измельчение слабых горных пород, оптимизация энергозатрат.

**Для цитирования:** Горлов И.В., Митусов П.Е., Беляев А.М. Анализ процесса измельчения слабых горных пород // Уголь. 2022. № 6. С. 44-47. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-44-47.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время не уделяется необходимого внимания особенностям процесса измельчения горных пород средней и слабой прочности, к ним относятся тальк, мел, гипс, слабые известняки и др. [1, 2, 3]. На большинстве перерабатывающих предприятий для измельчения горных пород используется типовое оборудование, такое как конусные и валковые дробилки для среднего дробления, шаровые барабанные мельницы для более тонкого измельчения [4, 5]. Такое оборудование спроектировано под достаточно широкий круг задач, однако при этом оно использует традиционные принципы измельчения горных пород, что приводит в некоторых случаях к высокой металлоемкости конструкций, завышенным мощностям, обеспечивающим переработку широкого спектра материалов как по показателям прочности, так и по структурным свойствам. Специализированное оборудование, предназначенное для дробления и измельчения материалов средней и слабой прочности, практически не выпускается.

В промышленности используются измельчители с различными видами воздействия на горную породу: раскалывающего и разламывающего действия; истирающе-раздавливающего и раздавливающего действия; ударно-истирающего и ударного действия; коллоидные измельчители [6, 7, 8, 9].

К устройствам раскалывающе-разламывающего и раздавливающего действия можно отнести щековые, валковые и молотковые дробилки, в которых разрушение материала происходит в результате одноосного нагружения породы между рабочими элементами машины (щеками, конусами, валками), либо используется способ соударения куска с рабочими органами (молотковые и роторные дробилки).

При дроблении такими машинами деформация отдельного куска породы доводится до размеров, обусловленных требованием к конечному продукту, после чего начинается процесс прессования массива из образовавшихся осколков, при этом происходит заполнение пустот между отдельными тонкодисперсными частицами. При таком

воздействии на породу ее разрушение происходит не селективно.

В конусных дробилках и роллер-прессах реализуется более рациональный способ селективного разрушения в слое породы, при котором куски измельчаемого материала воздействуют друг на друга, что обеспечивает дополнительные небольшие и однонаправленные перемещения. Однако это приводит к тому, что образовавшиеся тонкодисперсные частицы заполняют пустоты между оставшимися крупными кусками и препятствуют дальнейшему их разрушению.

### ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Из анализа рассмотренных схем измельчающего оборудования установлено, что представленные способы измельчения, как правило, сопровождаются сопутствующими процессами, энергетические затраты которых трудно оцениваются. В широко распространенном методе дробления в валковых дробилках основным воздействием на измельчаемую породу является сжатие, эффективность которого оценивается через энергозатраты на создание крутящего момента на дробящих валках. Сопутствующим сжатию является процесс истирания, который обусловлен вращением дробящих валков. Оценить долю энергозатрат на данный процесс чрезвычайно сложно.

На рынке измельчительного оборудования не представлено специализированных машин и агрегатов, спроектированных для измельчения слабых горных пород, в связи с чем в технологических линиях предприятий, занимающихся переработкой слабых горных пород, используется оборудование с электродвигателями или гидромоторами значительно завышенной мощности и металлоемкости, рассчитанными на измельчение горных пород средней и высокой крепости. Энергоэффективность процесса измельчения в таких технологических линиях сильно занижена. Проектный коэффициент загрузки привода конусной дробилки, рассчитанной на переработку горных пород средней и высокой прочности, составляет 0,44. На практике использования аналогичного оборудования при измельчении горных пород слабой прочности данный коэффициент снижается до 0,12-0,15.

В некоторых случаях затраты энергии на измельчение слабых горных пород превышают в разы затраты энергии на разрушение пород средней и высокой прочности. Затраты энергии при измельчении 1 т кварцитов или корундов, относящихся к прочным, составляют 45 и 54 кВт·ч соответственно. Пределы прочности кварцита и корунда составляют 400-500 МПа. При этом на дробление 1 т талька или гипса затрачивается до 111 и 125 Вт·ч/т соответственно. Предел прочности на одноосное сжатие данных пород, относящихся к слабым, составляет 28-40 МПа.

Использование оборудования, работающего по принципу раздавливающе-истирающего действия, приводит к снижению энергопотребления. К такому оборудованию относятся бегунковые измельчители, валковые дробилки и роллер-прессы. Благодаря созданию объ-

емного уплотнения горной породы в процессе измельчения в данном оборудовании обеспечивается воздействие частиц друг на друга и на стенки камеры дробления. Отсутствие возможности относительных перемещений частиц в контактном слое, примыкающем к поверхностям рабочей камеры, приводит к разделению процесса измельчения на две стадии.

На первой стадии, при малых нагрузках, происходит уплотнение частиц с образованием упругопластических деформаций, в результате которых менее прочные частицы разрываются по ослабленным сечениям или трещинам. На второй стадии процесса измельчение происходит за счет пластических деформаций всего объема породы за счет относительного перемещения частиц в общем объеме.

Принцип дробления, при котором одновременно прикладываются усилия на сжатие и сдвиг, является более результативным, поскольку одновременное действие касательных и осевых сил существенно улучшает производимый эффект процесса измельчения. Данный эффект производится тем, что разрушение горных пород происходит усилием сдвига, величина которого не превышает 1/6 от прочности на одноосное сжатие. Следовательно, разработка оборудования для измельчения слабых горных пород по принципу сжатие-сдвиг является важной задачей.

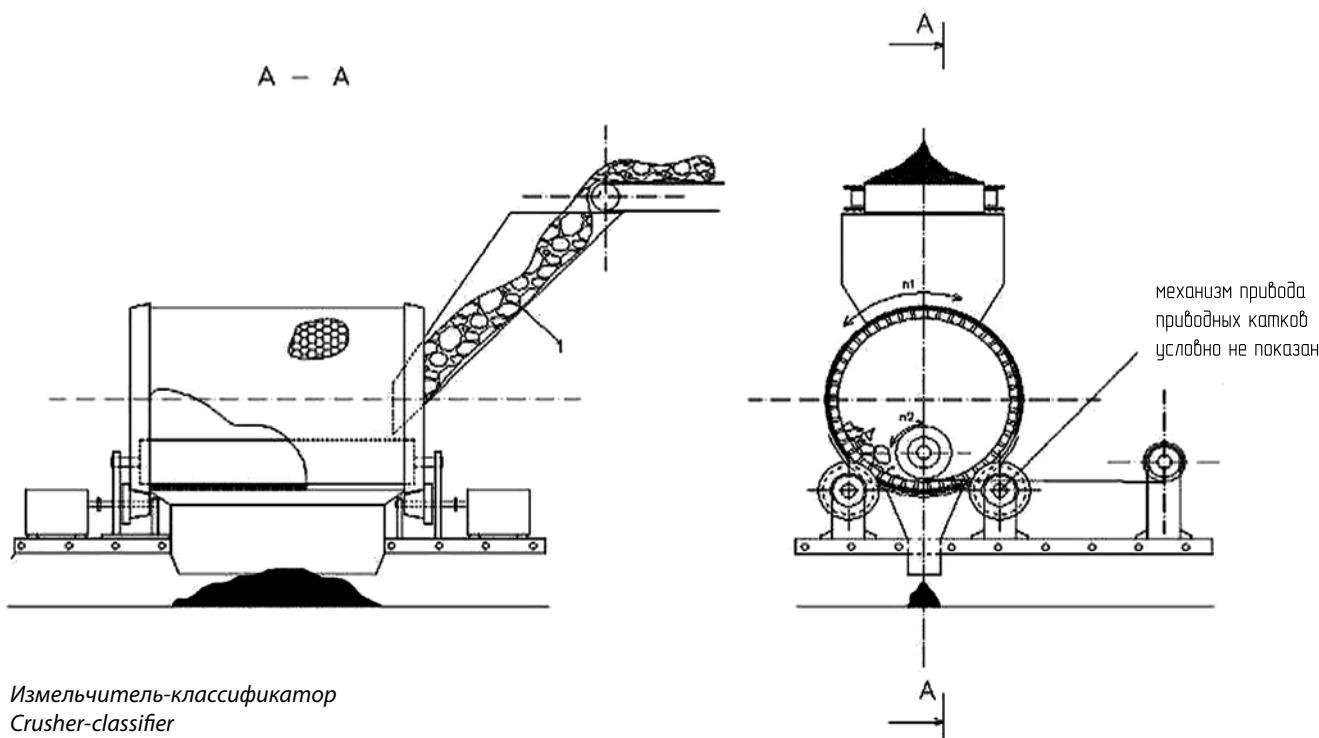
Также сниженная энергоэффективность технологических линий обусловлена завышенным энергопотреблением при переизмельчении ввиду отсутствия одновременной классификации при измельчении. В процессе дробления на разных стадиях образуются частицы различной крупности. Частицы, размер которых соответствует заданным значениям конечного продукта (кондиционные), подвергаются переизмельчению в общем объеме материала, обусловленного воздействием разрушающих сил, и поглощению энергии разрушения, необходимой для разрушения крупных (некондиционных) кусков породы.

Учитывая необходимость оптимизации энергозатрат при измельчении кондиционных частиц разрушаемой горной породы, в разрабатываемой конструкции необходимо предусмотреть возможность удаления (классификации) таких частиц в процессе работы установки, например по принципу барабанного грохота.

На основе анализа используемого измельчительного оборудования была разработана принципиально новая конструкция «Измельчителя-классификатора» [3], представленная на *рисунке*, защищенная Патентом Российской Федерации [6]. Данное конструкторское решение позволяет совместить процессы измельчения и классификации в одном агрегате, минуя конвейерную перегрузку. Данный агрегат, использующий принцип дробления, при котором к измельчаемому материалу одновременно прикладываются усилия на сжатие и сдвиг, позволяет эффективно применять его для измельчения слабых горных пород.

На *рисунке* слева изображен общий вид измельчителя-классификатора, а справа *p-разрез А-А*. Принцип работы измельчителя-классификатора заключается в дроблении и одновременной классификации горной породы,





Измельчитель-классификатор  
Crusher-classifier

которая, попадая внутрь вращающегося перфорированного барабана, в зазоре между валом-измельчителем подвергается воздействию сжимающих (осевых) и сдвигающих (тангенциальных) усилий. Одновременно с разрушением кондиционные частицы, удовлетворяющие конечной фракции, удаляются из зоны дробления через отверстия перфорированного барабана, не подвергаясь переизмельчению, в разгрузочное устройство.

В задачах об установившемся движении среды необходимость задания начальных условий отпадает. Граничные условия должны определять скорости части среды на границах, например на стенках каналов, а также давление на свободной поверхности вещества и на поверхностях раздела. В качестве допущения при решении задач течения дисперсной среды принимаем, что частицы «прилипают» к поверхностям обтекаемых твердых тел. В силу этого можно считать, что на неподвижных твердых поверхностях скорости частиц равны нулю, а на движущихся в дисперсной среде твердых поверхностях скорости частиц совпадают по величине и направлению со скоростями соответствующих точек поверхности.

Для решения поставленных задач при дроблении слабых горных пород, определено, что характер течения среды несколько отличается от характера течения ньютоновских жидкостей. При изучении материалов, обладающих пластичными характеристиками, определили, что процесс течения, подобный ньютоновскому, начинается для рассматриваемого класса вещества не сразу, а при достижении предельного напряжения сдвига  $\tau_0$  [7], исходя из чего расчет производится по формуле:

$$\tau = \tau_0 + \mu_{nl} \delta u / \delta y, \quad (1)$$

где  $\mu_{nl}$  – коэффициент вязкости, оценивающий внутреннюю силу трения вязко-пластичного материала,  $\mu_{nl} = \text{const}$ .

Опираясь на утверждение, что в случае  $\tau < \tau_0$  поведение вещества будет аналогично поведению упругого твердого тела, было проведено исследование дисперсной горной массы, которое показало, что при деформировании имеет место явление аномалии вязкости. Данное явление обусловлено тем, что при достижении предельного напряжения сдвига коэффициент вязкости дисперсной горной массы коррелируется с ростом градиента скорости. Вязкость материалов, изменяющаяся при воздействии сдвиговых напряжений, обозначается как «эффективная». Реологическое выражение выглядит следующим образом и аналогично ньютоновской жидкости;

$$\tau = \mu_3 \gamma, \quad (2)$$

где  $\tau$  – напряжение сдвига;  $\mu_3$  – коэффициент эффективной вязкости,  $\mu_3 = f(\gamma)$ ;  $\gamma$  – градиент скорости,  $\gamma = \delta u / \delta y$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вязкость рассматриваемых материалов изменяется от градиента скорости, но для упрощения получаемых расчетных зависимостей используют метод так называемого «замораживания коэффициентов», допускается, что в процессе расчетов  $\mu_3 = \text{const}$ , то есть оно отражает некоторое «усредненное» значение вязкости при некотором «среднем» значении градиента скорости потока исследуемой среды в рабочем пространстве, где  $\gamma_{\text{ср.э}}$  возникает при воздействии на рабочую среду поверхностями технологических элементов машины. Такое допущение, безусловно, оказывает влияние на точность расчетов по данному методу, однако полученные расчетные значения подтверждаются экспериментальными данными, а точность полученных результатов зависит от точности определения реологических свойств перерабатываемой дисперсной горной массы.

**Список литературы**

1. Сивченко Л.А., Добровольский Ю.К. История развития и современный уровень техники измельчения // Вестник Белорусско-Российского университета. 2012. № 4. С. 69-76.
2. Дворников Л.Т., Макаров А.В. К проблеме совершенствования щековых дробильных машин // Машиностроение. 2011. № 21. С.115-131.
3. Андреев Е.Е., Тихонов О.Н. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению. СПб.: СПбГИ, 2007. 439 с.
4. Пат. 2531438С2 РФ. МПК В07В1/00. Измельчитель-классификатор / П.Я. Бибииков, А.Д. Бардовский, П.Е. Митусов, Б.В. Воронин, Н.М. Кряжев. Патентообладатель ФГАОУ ВПО НИТУ «МИСиС»; заявл. 12.17.2012; опубл. 20.10.2014. Бюл. № 29.
5. Шашкин А.Г. Описание деформационного поведения глинистого грунта с помощью вязкоупругопластической модели // Инженерная геология. 2010. № 4. С. 22–32.
6. Разработка конструкции измельчителя-классификатора для переработки слабых горных пород / П.Я. Бибииков, А.Д. Бардовский и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 3. С. 233-237.
7. Горлов И.В., Болотов А.Н. Изменение механических свойств изношенной поверхности, восстановленной пластическим деформированием // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 7. С. 3-7.
8. Formation of Comprehensive Service System of Belt Conveyor Gearboxes / V.Gerike, Y. Drozdenko, E.Kuzin et al. // E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 41. DOI: 10.1051/E3SCONF/20184103011.
9. The results of cutting disks testing for rock destruction / A. Khoreshok, L. Kantovich, V. Kuznetsov et al. // E3S Web of Conferences. 2017. 15.03004. DOI:10.1051/E3SCONF/20171503004.

*Original Paper*

UDC 622.002.5:621.926 © I.V. Gorlov, P.E. Mitusov, A.M. Belyaev, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 44-47  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-44-47>

**Title****ANALYSIS OF CRUSHING PROCESS OF INCOMPETENT ROCKS****Authors**

Gorlov I.V.<sup>1</sup>, Mitusov P.E.<sup>2</sup>, Belyaev A.M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tver State Technical University, Tver, 170026, Russian Federation

<sup>2</sup> Moscow Research and Design Institute for Technology and Innovation, Moscow, 117105, Russian Federation

<sup>3</sup> National University of Science and Technology "MISIS" (NITU "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

**Authors Information**

**Gorlov I.V.**, Professor, e-mail: [gorloviv@yandex.ru](mailto:gorloviv@yandex.ru)

**Mitusov P.E.**, Chief Specialist of the Technical Department,

e-mail: [p.mitusov@mnipti.ru](mailto:p.mitusov@mnipti.ru)

**Belyaev A.M.**, Postgraduate student, e-mail: [gotim@misis.ru](mailto:gotim@misis.ru)

**Abstract**

The article analyses and presents an overview of the crushing principles for various rocks in commonly used mining machines and equipment. The main and associated processes are described and parameters affecting the energy efficiency are identified.

**Keywords**

Crusher and classifier, Rock deformation, Crushing of incompetent rocks, Optimization of energy costs.

**References**

1. Sivchenko L.A. & Dobrovolskiy Yu.K. History of development and modern level of grinding technology. *Vestnik Belarusian-Russian University*, 2012, (4), pp. 69-76. (In Russ.).
2. Dvornikov L.T. & Makarov A.V. To the problem of improving jaw crushing machines. *Industrial Engineering*, 2011, (21), pp. 115-131. (In Russ.).
3. Andreev E.E. & Tihonov O.N. Crushing, grinding and preparation of raw materials for enrichment. Saint Petersburg.: Saint Petersburg Mining University Publ., 2007. 439 с. (In Russ.).

4. Bibikov P.Ya., Bardovskiy A.D., Mitusov P.E., Voronin B.V. & Kryagev N.M. Shredder-classifier, Patent № RU2531438C2; claim 12.17.2012; publ. 21.10.2014. Bul. № 29. (In Russ.).

5. Shashkin A.G. Description of the deformation behavior of clay soil using a viscoelastic model. *Ingeneering Geology*, 2010, (4), pp. 22–32. (In Russ.).

6. Bibikov P.Ya., Bardovskiy A.D., Mitusov P.E. & Kalakutskiy A.V. Development of a design of a shredder-classifier for processing weak rocks. *Gorniy informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2015, (3), pp. 233-237. (In Russ.).

7. Gorlov I.V. & Bolotov A.N. Change of mechanical properties of the worn surface restored by plastic deformation. *Hardening technologies and coatings*, 2014, (7), pp. 3-7. (In Russ.).

8. Gerike B., Drozdenko Y., Kuzin E., Ananyin I. & Kuziev D. Formation of Comprehensive Service System of Belt Conveyor Gearboxes. *E3S Web of Conferences*, 2018, (41), 03011. DOI:10.1051/E3SCONF/20184103011.

9. Khoreshok A., Kantovich L., Kuznetsov V., Preis E. & Kuziev D. The results of cutting disks testing for rock destruction. *E3S Web of Conferences*, 2017, (15), 03004. DOI: 10.1051/E3SCONF/20171503004.

**For citation**

Gorlov I.V., Mitusov P.E. & Belyaev A.M. Analysis of crushing process of incompetent rocks. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 44-47. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-44-47.

**Paper info**

Received April 29, 2022

Reviewed May 16, 2022

Accepted May 23, 2022

**MINING EQUIPMENT**

# Факторы конкурентоспособности углехимической отрасли России в условиях глобальной трансформации мировой энергетики\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-48-53>

## ЩЕРБАКОВА Л.Н.

Доктор экон. наук,  
профессор кафедры  
экономической теории  
и государственного управления  
ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
650000 г. Кемерово, Россия,  
e-mail: ludmilashc@yandex.ru

## ЕВДОКИМОВА Е.К.

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры  
экономической теории  
и государственного управления  
ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
650000 г. Кемерово, Россия,  
e-mail: elena\_evdokimova@inbox.ru

## РАДА А.О.

Директор института цифры  
ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
650000 г. Кемерово, Россия,  
e-mail: radaartem@mail.ru

## НИКИТИНА О.И.

Начальник отдела аналитики  
института цифры  
ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
650000 г. Кемерово, Россия,  
e-mail: senches@mail.ru

В статье представлено развитие углехимической промышленности России с позиций влияния на нее разнообразных и противоречивых тенденций. Выявлены ограничивающие факторы ее развития. К ним отнесены конкурентные отношения с другими энергетическими источниками в условиях низких цен на природный газ или падения цен на нефть; неравномерная потребность в энергетической продукции в течение года, так, отрасль по преобразованию угля в природный газ может работать на полную мощность только зимой; нарушение рыночного равновесия приводит к падению цен на соответствующие продукты на рынках сопутствующих продуктов превращения угля в газ; давление защиты окружающей среды; нехватка финансовых средств в условиях инновационного характера отрасли. Охарактеризованы факторы конкурентоспособности и перспективности отрасли, такие как наличие в национальной экономике базового ресурса – угля; высокая степень диверсификации продукции отрасли, наличие большого числа сопутствующих продуктов; цены на продукты переработки угля выше цен на уголь; ярко выраженный инновационный характер отрасли, сопряженность с научными исследованиями, в том числе отечественного характера; возможность выступить достойным субститутутом других энергетических ресурсов в условиях угрозы исчерпания более эффективных на сегодняшний день ресурсов либо неблагоприятной конъюнктуры на их рынках. Выведен ряд условий, необходимых для перспективного роста отрасли.

**Ключевые слова.** Углехимическая отрасль, конкурентоспособность, ограничивающие факторы, глобальная трансформация энергетики.

**Для цитирования:** Факторы конкурентоспособности углехимической отрасли России в условиях глобальной трансформации мировой энергетики / Л.Н. Щербакова, Е.К. Евдокимова, А.О. Рада и др. // Уголь. 2022. № 6. С. 48-53. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-48-53.

\* Исследование выполнено с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием КемГУ, в рамках соглашения № 075-15-2021-694 от 05.08.2021, заключенного между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Кемеровский государственный университет» (уникальный идентификатор контракта RF-2296.61321X0032)



## ВВЕДЕНИЕ

Направления развития мировой энергетики таковы, что нет сомнений в вопросе о существенных трансформациях данной отрасли. Топливо-энергетическая система любой национальной экономики, так же, как и каждая структурная составляющая этой системы, испытывают на себе давление множества современных тенденций. Российская топливная отрасль не является исключением, так, огромное влияние на ее характерные черты оказывают следующие факторы. Во-первых, повышенный интерес человечества к вопросу глобального изменения климата, сохранению окружающей среды привел к росту доли низкоуглеродных источников энергии в общей системе мирового энергобаланса [1].

Во-вторых, произошел технологический скачок в альтернативной энергетике, она выходит на принципиально новый уровень конкурентоспособности, становится реальным противником отраслей, базирующихся на традиционных источниках энергии. Как итог, в целом в данной сфере деятельности усиливается межтопливная и технологическая конкуренция [2]. В-третьих, рынок топливно-энергетических ресурсов вынужден функционировать в условиях высокой волатильности цен. В-четвертых, он в значительной степени испытывает отрицательное влияние глобальной геополитической нестабильности [3, 4]. В-пятых, на рынке энергетических ресурсов отражаются изменения глобальной структуры потребления, в частности, выросли требования, предъявляемые к экологическим свойствам энергоресурсов, потребляемых в национальном хозяйстве государств [5].

Названные выше современные тенденции развития мировой энергетической системы вызывают необходимость по-новому формировать энергетическую политику любой страны, в том числе и России.

Вместе с тем, каждой национальной экономике предстоит решить еще одну проблему: обеспечение собственной энергетической безопасности, которая должна гарантировать своим гражданам и бизнесу стабильность в доступе к энергетическим ресурсам, в равной мере как к национальным, так и импортным.

Думаем, следует уделить особое внимание развитию такой отрасли топливно-энергетического комплекса, как углехимия. Поскольку она непосредственно связана с угольной промышленностью, то начнем анализ с положения последней. Следует отметить, что Россия занимает второе место в мире, после США, по запасам угля (16%); третье место по экспорту угля (после Австралии и Индонезии), что составляет долю в 12% от мирового экспорта угля [6].

В современных условиях сформировались факторы, препятствующие активному развитию угольной отрасли. К ним относятся ограничения в емкости внешнего рынка и усиливающаяся тенденция декарбонизации, в частности в странах Европейского Союза и Китае [7]. Нарастание тенденции поиска путей сокращения выбросов CO<sub>2</sub> во многих странах означает нарастание рисков отрасли угледобычи в России. По названной причине для ряда европейских стран характерно снижение импорта российского угля, так, в 2019 г. Нидерланды снизили его потребление

на 22,5%, Польша – на 8,4%, Германия – на 20,7%, Украина – на 4,5%, Южная Корея – на 5,3%, Турция – на 0,8% [8].

Однако присутствуют и факторы противоположной направленности. Так, величина экспортных потоков некоторых поставщиков угля, прежде всего Колумбии и Индонезии, может существенно снизиться по причине истощения месторождений, а также увеличения национального спроса на добытый уголь. В результате происходящих изменений могут открыться новые возможности для российского экспорта, его участия в конкуренции за охват расширяющихся рынков Юго-Восточной Азии и Индии.

Российской электроэнергетической отрасли присуща особенность, которая заключается в приверженности к тепловой генерации. Несмотря на совокупность противодействующих факторов, в том числе ориентир на рост производства электроэнергии на атомных электростанциях, в перспективе эта специфика сохранится. В структурном балансе российских энергетических отраслей не произойдет существенных изменений: по прогнозам, определяющая роль по-прежнему сохранится за газом, планируется возрастание его доли. Удельный вес нефти и угля приобретет тенденцию к плавному снижению, в то время как доля атомной энергии и энергии из возобновляемых источников должна незначительно возрасти.

Разумеется, ставится задача роста доли возобновляемых источников энергии, но в реальности ее динамика не прогнозируется как значительная, особенно по сравнению с другими странами и мировыми регионами.

Итак, российская угольная промышленность находится в достаточно сложном положении. С одной стороны, есть масса факторов ее свертывания, с другой стороны, наличие данного ресурса в нашей стране, его большой потенциал и возрастание потребности национальной экономики в первичных энергоносителях требуют обеспечения условий развития угледобычи.

В сложившейся ситуации выход может быть найден только на пути широкого применения технологического и инновационного прорыва [9]. Важнейшими составляющими компонентами технического прогресса как в топливно-энергетическом комплексе в целом, так и в отдельных его структурных элементах выступают декарбонизация, цифровизация, а также направленность на рост энергоэффективности.

Одним из сегментов энергетического комплекса является углехимическое производство, которое может достаточно успешно вписаться в требования современной энергетики. Развитие углехимии может обеспечить новые варианты и перспективы применения продукции российской угольной отрасли. Выделим ряд факторов конкурентоспособности углехимической отрасли, благодаря которым она может стать достойным сегментом современной экономики и энергетики, решить как проблемы будущего угольной промышленности, так и ответить на вызовы современного энергетического производства.

## ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использован метод анализа и синтеза для поэлементного анализа факторов и перспектив роста углехимической промышленности. Метод сравнения, приме-

ненный для сравнения некоторых сегментов развития отрасли в Китае и России, обеспечил ряд выводов, касающихся новых возможностей развития отрасли. Метод дедукции позволил применить общие особенности развития энергетической мировой системы к российским реалиям, а метод индукции позволил из отдельных статистических данных о динамике видов продуктов углехимии, а также особенностей их технологических производств, стоимостных тенденций сделать выводы о новых возможностях развития отрасли.

Для решения поставленных задач в работе использовались статьи из журналов «Уголь», «Энергия», «Экономическая политика», «Форсайт», текущие данные о развитии рынков отдельных видов продуктов углехимии, а также данные из Единой межведомственной информационно-статистической системы, исследований Цяньчжаньского промышленного научно-исследовательского института.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Во-первых, процесс глубокой переработки угля может обеспечить получение более 180 видов конечных продуктов, которые широко востребованы в народном хозяйстве. Их дальнейшее экономическое назначение состоит чаще всего в том, чтобы выступить в качестве сырья для последующих технологических стадий производства с целью создания новых материальных благ. Так, известно, что на основе расходования одной тонны угля можно получить около 680 кг кокса и 227 кг каменноугольного газа, каменноугольной смолы и каменноугольного масла [10]. Сегмент экономики, занимающийся переработкой угля, имеет следующие преимущества:

- широко выраженный диверсифицированный характер. Наличие огромного количества получаемого продукта может служить основой устойчивого развития отрасли. Определенные исследовательские идеи подобного рода уже высказывались [11]. В случае кризисной ситуации, структурных сдвигов экономики, инфляционных скачков, геополитических потрясений, колебаний спроса или издержек всегда можно переместить производство с одного вида продукта на другой;

- наличие большого числа побочных продуктов, то есть благ, затраты на которые в определенной степени ниже, так как основные ресурсы направлены на выпуск главного продукта. Так, при газификации угля побочными про-

дуктами выступают: нефтя, деготь, сера, сырой фенол, жидкий аммиак, метанол, олефины и др.;

- применение особых технологий, ведущих к получению новых энергетических ресурсов, имеющих более высокий уровень конкурентоспособности по сравнению с углем (производство высококачественных коксующихся и энергетических углей, газификация угля).

Во-вторых, блага, являющиеся продуктами углехимической промышленности, обеспечат экономике гораздо больший результат с позиций прироста добавленной стоимости, так как цены данной товарной массы существенно выше цены угля, величина их стоимости больше в десятки и даже тысячи раз [12].

Думаем, что у российских аналогов данного вида продукции нефтехимии есть большой потенциал, так как в российской экономике, например, максимальная внутренняя цена на коксующийся уголь составляет 15 тыс. руб. за 1 т, а в Китае, наоборот, 15 тыс. руб. за 1 т является минимальной ценой. Для сравнения представим стоимостную оценку экспорта-импорта российской каменноугольной смолы (см. таблицу).

В-третьих, необходимо использовать практику расширения возможностей энергетического комплекса при условии иного применения угля как не самого эффективного и перспективного слагаемого системы. Так, уголь можно использовать как сырье с целью получения качественно нового энергетического ресурса – кокса при помощи методов обогащения. Данная технология позволяет производить высококачественные коксующиеся и энергетические угли, спрос на которые высок как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Есть данные, что процессу обогащения подвергаются 97% коксующегося и 30% энергетического угля. В национальной экономике России функционируют 64 предприятия, профильным производством которых является обогащение угля, так, в 2019 г. ими переработано 205,9 млн т угля, что составляет прирост в 2,8% по сравнению с 2018 г. Объемы обогащения энергетического угля характеризуются ежегодным ростом [14, 15].

В соответствии с прогнозами Минэнерго РФ, показатель объема обогащения угля в российской экономике возрастет в 1,9 раза к 2030 г. по отношению к уровню 2015 г. [16]. Необходимо отметить, что тенденция достаточно низких цен на российском рынке кокса в 2022 г. резко изменится. Еще в 2017 г. российские предприятия

Динамика экспорта и импорта каменноугольной смолы, тыс. дол.

Период, год	Экспорт, тыс. т	Стоимость, тыс. дол. США	Импорт, тыс. т	Стоимость, тыс. дол. США
2015	204,2	46 682,154	16,779	2 646,159
2016	163,498	28 452,511	28,493	2 376,099
2017	399,942	96 565,398	38,783	5 434,787
2018	627,071	191 109,274	103,933	15 375,433
2019	187,829	56 994,477	84,323	14 282,302
2020	109,134	23 887,137	59,024	7 369,188

Составлено по: [13].

производили отгрузку кокса и полукокса, полученного из каменного угля по цене, составляющей 14,6 тыс. руб. за 1 т, в 2020 г. уровень цен был еще ниже, они опустились до 12 тыс. руб. за 1 т, но уже в первые семь месяцев 2021 г. они поднялись до 21,4 тыс. руб. [17]. Из анализа рынка следует, что тенденция роста цен изменилась и относительно той части товара, который пошел за рубеж.

Еще одним способом применения угля для нужд энергетики является его газификация. Метод газификации угля характеризуется эффективностью и чистотой преобразования угля в энергию [18, 19].

Названный процесс является высокотемпературным способом воздействия окислителей на углерод, находящийся в составе топлива. Результатом данного производства выступает получение горючих газов ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ). Если сравнить по стоимостному критерию строительство обычной угольной электростанции и организацию процесса газификации угля, то второе производство окажется более затратным, получение энергии в нем более дорогое. Однако в ситуации, когда глобальная тенденция декарбонизации является приоритетной в мире, важен экологический эффект. Важным аспектом в этой сфере деятельности является наличие собственных российских новаторских разработок [20].

Предприятия по газификации угля обладают значительной степенью диверсификации, на них производятся потребительские товары, пар, автомобильное топливо, химикаты, водород для переработки нефти, электричество, удобрения. Многие продукты данной отрасли пользуются повышенным спросом как в национальной экономике, так и за рубежом, могут сыграть важную роль в решении экологических и инновационных задач, поставленных перед обществом и экономикой [21].

Особый интерес представляет такое направление нанотехнологий в углехимии, как производство углеродных нанотрубок. Данный продукт представляет собой графитовые слои диаметром до нескольких десятков нанометров, свернутые в цилиндр, их длина достигает нескольких сантиметров. Он обладает уникальными способностями, в частности, одновременно отличается хорошей электропроводностью и высокой адсорбционной способностью, имеет диамагнитные характеристики, заключает в себе способность к холодной эмиссии электронов и аккумулярованию газов. Углеродные нанотрубки изготовлены из жесткого и прочного материала с высокими электронными характеристиками, поэтому область их применения очень разнообразна. Такие особенности нанотрубок, как электропроводность, малые размеры, механическая прочность и химическая стабильность, делают их причастными к будущему наноэлектронике [22].

Перспективность данной отрасли энергетики подтверждается активными научными исследованиями в этой области, которые ведутся на химических факультетах университетов Санкт-Петербурга, Новосибирска, Москвы, Тамбова и Казани.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, как современное развитие углехимической промышленности, так и прочность ее перспектив опира-

ются на самые разнообразные и во многом противоречивые тенденции. С одной стороны, присутствует значительное количество ограничивающих факторов ее развития.

Один из них – конкурентные отношения с другими энергетическими источниками. Так, при условии низких цен на природный газ превращение угля в газ становится нерентабельно. Соответственно, производство по превращению угля в жидкость, сопровождающееся большими издержками, может стать нерентабельным, если упадут цены на нефть.

Вторым осложняющим фактором является неравномерная потребность в энергетической продукции в течение года, так, отрасль по преобразованию угля в природный газ может работать на полную мощность только зимой, нагрузка в остальные сезоны значительно меньше, что ведет к серьезным потерям.

Определенные трудности существуют на рынках сопутствующих продуктов превращения угля в газ. Возникающие на них нарушения рыночного равновесия приводят к падению цен на соответствующие продукты. Дополнительные риски, связанные с успешной реализацией сопутствующих продуктов, могут быть вызваны экологической политикой регионов, в рамках которой продукты углехимии будут определены как опасные отходы, подобная практика присутствует в Китае.

Важнейшим фактором выступает давление защиты окружающей среды. Современная углехимическая промышленность базируется на потреблении большого количества воды, значительного количества энергетических ресурсов, поэтому вступает в противоречие с концепцией устойчивого развития общества.

Многие сегменты углехимической промышленности являются новыми, инновационными, что требует больших инвестиций. Препятствиями на пути их приобретения могут выступить административные барьеры, удержание низкого уровня цен на газ. Кроме того, если до введения санкций в отношении России компании могли обратиться к внешним источникам финансирования, то сейчас подобная практика стала менее возможной. Барьером выступает и высокая цена привлечения капитала в России.

Факторами конкурентоспособности и перспективности отрасли выступают:

- наличие в национальной экономике базового ресурса – угля;
- высокая степень диверсификации продукции отрасли;
- наличие большого числа сопутствующих продуктов;
- цены на продукты переработки угля выше цен на уголь;
- ярко выраженный инновационный характер отрасли, сопряженность с научными исследованиями, в том числе отечественного характера;
- возможности выступить достойным субститутом других энергетических ресурсов в условиях угрозы истощения более эффективных на сегодняшний день ресурсов либо складывания неблагоприятной конъюнктуры на их рынках.



## Список литературы

1. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Парижское соглашение как фактор ускорения энергетического перехода: меры по адаптации угольной отрасли к новым вызовам // Уголь. 2021. № 10. С. 19–23. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-10-19-23.
2. Седаш Т.Н. Возобновляемые источники энергии: стимулирование инвестиций в России и за рубежом // Инвестиционная деятельность. 2016. № 4. С. 94-97.
3. Lebot V., Weiland M. Policies and Programs Critical for Greater Energy Efficiency // Экономическая политика. 2020. Т. 15. № 2. С. 148-167.
4. Cornelis M. Energy Efficiency, the Overlooked Climate Emergency Solution // Экономическая политика. 2020. Т. 15. № 2. С. 48-68.
5. Туровец Ю.В., Проскурякова Л.Н., Стародубцева А. Зеленая цифровая трансформация в электроэнергетике // Форсайт. 2021. Т. 15. № 3. С. 35-51.
6. Перспективы развития ТЭК в эпоху структурных преобразований на мировом энергетическом рынке URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/rynok/672054-perspektivy-rossiyskogo-tek-v-epokhu-strukturnykh-preobrazovaniy-na-mirovom-energeticheskom-rynke/> (дата обращения: 15.05.2022).
7. Степанов О.А., Степанов А.О. Об экономико-правовых аспектах декарбонизации, связанных с отказом от ископаемых углеводородов как источника энергии // Уголь. 2021. № 6. С. 23-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-6-23-24.
8. Statistical Review of World Energy 2020. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/businesssites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (дата обращения: 15.05.2022).
9. АО «УК «Кузбассразрезуголь». Уголь высоких технологий // Уголь. 2021. № 8. С. 36–39. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-8-36-39.
10. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая», 18-21 апр. 2017 г., Кемерово, 2017. URL: <http://science.kuzstu.ru/wpcontent/Events/Conference/RM/2017/RM17/pages/Articles/0602002-.pdf> (дата обращения: 15.05.2022).
11. Буйницкий А.И., Макаров А.М., Полещук М.Н. Диверсификация деятельности угледобывающего предприятия в условиях изменчивости рыночного спроса // Уголь. 2021. № 8. С. 58-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-8-58-62.
12. Единая межведомственная информационно-статистическая система // URL: <https://fedstat.ru/> (дата обращения: 15.05.2022).
13. Исследования Цяньчжаньского промышленного научно-исследовательского института. URL: <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1688394537172935542&wfr=spider&for=pc> (дата обращения: 15.05.2022).
14. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-март 2020 года // Уголь. 2020. № 6. С. 23-34. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-6-23-34.
15. Инновационная каменноугольная продукция ПАО «Кокс». URL: <https://link.springer.com/article/10.3103/S1068364X20070054> (дата обращения: 15.05.2022).
16. Не семимильно, но шагаем. URL: [http://creon-conferences.com/news/arkhiv/detail.php?ID=123543&sphrase\\_id=60827](http://creon-conferences.com/news/arkhiv/detail.php?ID=123543&sphrase_id=60827) (дата обращения: 15.05.2022).
17. На рынке угольного кокса в 2021 году наблюдается заметный рост цен. URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/12949/> (дата обращения: 15.05.2022).
18. Youngok K., Eunkyung Y., Hyunik S. Russia's Policy Transition to a Hydrogen Economy and the Implications of South Korea – Russia Cooperation // Energies. 2022. No 15. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15010127>.
19. Assessment of Operational Performance for an Integrated 'Power to Synthetic Natural Gas' System / M. Jurczyk, D. Weceł, W. Uchman et al. // Energies. 2022. No 15. P. 74.
20. Газификация угля и ее применение в энергетике / В.С. Пряткина, А.А. Белов, В.В. Иванов и др. // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2018. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazifikatsiya-uglya-i-ee-primenenie-v-energetike> (дата обращения: 15.05.2022).
21. FreedoniaGroup, Инвестиционная презентация «Сорбенты Кузбасса». URL: <https://www.investinregions.ru/upload/iblock/b9c/sorbenty.pdf> (дата обращения: 15.05.2022).
22. Новые материалы и нанотехнологии: наноуглеродная основа высокотехнологичного будущего // Глобальные технологические тренды. 2015. № 14. С. 2-5.

Original Paper

UDC 662.749.31(33) © L.N. Scherbakova, E.K. Evdokimova, A.O. Rada, O.I. Nikitina, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 48-53  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-48-53>

## Title

**COMPETITIVE FACTORS OF THE RUSSIAN COAL-CHEMICAL INDUSTRY  
 IN THE GLOBAL TRANSFORMATION OF THE GLOBAL ENERGY SECTOR**

## Authors

Scherbakova L.N.<sup>1</sup>, Evdokimova E.K.<sup>1</sup>, Rada A.O.<sup>1</sup>, Nikitina O.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

## Authors Information

**Shcherbakova L.N.**, Doctor of Economic Sciences,  
 Professor of the Department of Economic Theory and Public Administration,  
 e-mail: [ludmilashc@yandex.ru](mailto:ludmilashc@yandex.ru)

**Evdokimova E.K.**, PhD (Economic), Associate Professor of the Department  
 of Economic Theory and Public Administration,  
 e-mail: [elena\\_evdokimova@inbox.ru](mailto:elena_evdokimova@inbox.ru)

ENERGY SAVING

**Rada A.O.**, Director of the Institute of Digitalization,  
e-mail: radaartem@mail.ru

**Nikitina O.I.**, Head of the Analytics Department of the Institute  
of Digitalization, e-mail: senches@mail.ru

### Abstract

The article examines the development of the coal chemical industry in Russia through the lens of various and contradictory trends. The limiting factors of its development are revealed. They include competitive relationships with other energy sources in the face of low natural gas prices or falling oil prices; uneven demand for energy products throughout the year, as the coal-to-natural gas industry can only operate at full capacity in the winter; a market imbalance causes a drop in the prices of the respective products in the markets for coal-to-gas conversion by-products; environmental protection pressure; a lack of funds in the context of the industry's innovative nature. The factors of competitiveness and industry prospects are described, such as the availability of coal as a basic resource in the national economy; a high level of product diversification in the industry, as well as a large number of related products; prices for processed coal products are higher than coal prices; the industry's pronounced innovative nature, conjugation with scientific research, including domestic one; the potential to serve as a worthy substitute for other energy resources in the face of the threat of depletion of currently more efficient resources or the emergence of an unfavorable market conjuncture. Several conditions for the promising growth of the industry are identified.

### Keywords

Coal chemical industry, Competitiveness, Limiting factors, Global energy transformation.

### References

- Plakitkin Yu.A. & Plakitkina L.S. Paris Agreement on Climate Change as a driver to accelerate energy transition: measures to adapt the coal sector to new challenges. *Ugol'*, 2021, (10), pp. 19-23. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-10-19-23.
- Sedash T.N. Renewable energy sources: encouraging investment in Russia and abroad // *Rossiyskiy vneshneekonomicheskij vestnik*, 2016, (4), pp. 94–97. (In Russ.).
- Lebot B. & Weiland M. Policies and Programs Critical for Greater Energy Efficiency. *Ekonomicheskaya politika*, 2020, Vol. 15, (2), pp. 148–167. (In Russ.).
- Cornelis M. Energy Efficiency, the Overlooked Climate Emergency Solution. *Ekonomicheskaya politika*, 2020, Vol. 15, (2), pp. 48–68. (In Russ.). (In Russ.).
- Turovets Yu.V., Proskuryakova L.N. & Starodubtseva A. Green digital transformation in the electrical energy sector // *Forsajt*, 2021, Vol. 15, (3), pp. 35–51. (In Russ.).
- Development prospects for the fuel and energy complex in times of structural changes in the global energy market. Available at: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/rynok/672054-perspektivy-rossiyskogo-tek-v-epokhu-strukturnykh-preobrazovaniy-na-mirovom-energeticheskom-rynke/> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).
- Stepanov O.A. & Stepanov A.O. On economic and legal aspects of decarbonization associated with withdrawal of fossil hydrocarbons as an energy source. *Ugol'*, 2021, (6), pp. 23-24. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-6-23-24.
- Statistical Review of World Energy 2020. Available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/businesssites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (accessed 15.05.2022).
- Drobina E.A. High-Tech coal. *Ugol'*, 2021, (8), pp. 36-39. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-8-36-39.

10. Proceedings of the IX All-Russian Scientific-Practical Conference with international participation "Young Russia", April 18-21, 2017 r. Kemerovo [Electronic resource] Available at: <http://science.kuzstu.ru/wpcontent/Events/Conference/RM/2017/RM17/pages/Articles/0602002-.pdf> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

11. Buynitskiy A.I., Makarov A.M. & Poleshchuk M.N. Diversification of a coal mining company in conditions of volatile market demand. *Ugol'*, 2021, (8), pp. 58-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-8-58-62.

12. Unified cross sectoral information and statistical system // Available at: <https://fedstat.ru/> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

13. Research by the Qianzhan Industry Research Institute. Available at: <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1688394537172935542&wfr=spider&or=pc> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

14. Tarazanov I.G. & Gubanov D.A. Russia's coal industry performance for January – March, 2020. *Ugol'*, 2020, (6), pp. 23-34. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-6-23-34.

15. Innovative coal products from the Koks Kemerovo Coking Coal Plant. Available at: <https://link.springer.com/article/10.3103/S1068364X20070054> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

16. Not in quantum leaps, but we keep on moving forward. Available at: [http://creon-conferences.com/news/arkhiv/detail.php?ID=123543&sphrase\\_id=60827](http://creon-conferences.com/news/arkhiv/detail.php?ID=123543&sphrase_id=60827) (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

17. The coal coke market is showing an increase in prices in 2021. Available at: <https://marketing.rbc.ru/articles/12949/> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

18. Youngok K., Eunhyung Y. & Hyunik S. Russia's Policy Transition to a Hydrogen Economy and the Implications of South Korea – Russia Cooperation. *Energies*, 2022, (15). DOI: <https://doi.org/10.3390/en15010127>.

19. Jurczyk M., Wecl D., Uchman W. & Skorek-Osikowska A. Assessment of Operational Performance for an Integrated 'Power to Synthetic Natural Gas' System. *Energies*, 2022, (15), pp. 74.

20. Pryatkina V.S., Belov A.A., Ivanov V.V., Balyan V.N. & Chebotarev V.I. Coal gasification and its application in power engineering. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tehnicheskie nauki*, 2018, (3). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazifikatsiya-uglyai-ee-primeneniye-v-energetike> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

21. 'Kuzbass Sorbents' investment presentation. Available at: <https://www.investinregions.ru/upload/iblock/b9c/sorbenty.pdf> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

22. New materials and nanotechnology: the nanocarbon basis for a high-tech future. *Globalnye tekhnologicheskie trendy*, 2015, (14), pp. 2-5. (In Russ.).

### Acknowledgements

The research was carried out using equipment from the Kemerovo State University Center for the Collective Use of Scientific Equipment under Agreement No. 075-15-2021-694 dated 05.08.2021, between the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kemerovo State University (unique contract identifier RF----2296.61321X0032).

### For citation

Scherbakova L.N., Evdokimova E.K., Rada A.O. & Nikitina O.I. Competitive factors of the Russian coal-chemical industry in the global transformation of the global energy sector. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 48-53. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-48-53.

### Paper info

Received April 24, 2022

Reviewed May 11, 2022

Accepted May 23, 2022

# Процессы декарбонизации производства и перспективы Арктики как углеродно нейтральной территории\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-54-58>

## СКУФЬИНА Т.П.

Доктор экон. наук, профессор,  
главный научный сотрудник  
Института экономических  
проблем им. Г.П. Лузина  
Федерального исследовательского центра  
«Кольский научный центр  
Российской академии наук»,  
184209, г. Апатиты, Россия,  
e-mail: skufina@gmail.com

## САМАРИНА В.П.

Доктор экон. наук, профессор,  
старший научный сотрудник  
Института экономических  
проблем им. Г.П. Лузина  
Федерального исследовательского центра  
«Кольский научный центр  
Российской академии наук»,  
184209, г. Апатиты, Россия,  
e-mail: samarina\_vp@mail.ru

## САМАРИН А.В.

Канд. философ. наук,  
доцент педагогического факультета  
Старооскольского филиала  
Белгородского государственного  
национального исследовательского  
университета,  
309502, г. Старый Оскол, Россия,  
e-mail: alvic\_samarin@mail.ru

В статье, приуроченной к 50-летию юбилею Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей человека среде, рассмотрен успешный пример декарбонизации производства в российской черной металлургии. Определены предпосылки горнометаллургической корпорации «Металлоинвест» как российского лидера «зеленой металлургии», суть которой заключается в использовании наименее энергоемких технологий и минимизации выбросов углекислого газа при выработке стали. Обоснованы необходимость и возможности российской Арктики стать углеродно нейтральной территорией. Необходимо заключаются в том, что арктические экологические системы, как никакие другие, нуждаются в защите от загрязнений. Возможности связаны с локальным расположением промышленных предприятий и населенных пунктов, эффектом декаплинга, заинтересованностью власти и бизнес-структур, успешным результатом реализации ряда проектов, направленных на сокращение выбросов парниковых газов.

**Ключевые слова:** декарбонизация, парниковые газы, «зеленая металлургия», Арктика, углеродно нейтральная территория.

**Для цитирования:** Скуфьина Т.П., Самарина В.П., Самарин А.В. Процессы декарбонизации производства и перспективы Арктики как углеродно нейтральной территории // Уголь. 2022. № 6. С. 54-58. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-54-58.

## ВВЕДЕНИЕ

В 2022 г. отмечается 50-летний юбилей Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей человека среде, привлечшей внимание международного сообщества на государственном уровне к экологическим и климатическим проблемам, которые могли негативно сказаться на социально-экономическом развитии. В декларации, принятой на этой конференции, четко обозначено, что обеспечение долгосрочного экономического роста должно базироваться на принципах рационального природопользования и снижения нагрузки на окружающую среду. За полвека эта идея не только не потеряла своей значимости, но и, более того, стала руководством к действию [1, 2, 3, 4]. Актуальные цели и задачи развития с учетом ограниченности природных ресурсов и экологической обстановки, определившие приоритетные направления действий бизнеса, государств, общественных структур, были закреплены в 2015 г. в итоговом документе саммита ООН «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [5].

Одним из необходимых этапов обеспечения долгосрочного экономического роста с учетом необходимости снижения нагрузки на

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 22-28-01385.



окружающую среду в последние годы стала декарбонизация производства. Это означает максимальное сокращение выбросов CO<sub>2</sub> с компенсацией остатка, а в идеале – даже полное их прекращение. Следующим этапом должна стать тесно связанная с декарбонизацией производства углеродная нейтральность территорий.

Цель исследования – рассмотреть успешный пример декарбонизации производства в российской черной металлургии и обозначить перспективы Арктики как углеродно нейтральной территории.

На саммите G20 в октябре 2021 г. Президент РФ Владимир Путин отметил, что Российская Федерация во многом является лидером декарбонизации промышленного производства. Цель значительного сокращения объемов выбросов парниковых газов до полной углеродной нейтральности закреплена в национальном законодательстве. За последние 20 лет углеродная интенсивность российской экономики ежегодно снижалась на 2,7%. В конечном итоге выбросы CO<sub>2</sub> сократились на 70% к уровню 1990 г. На этом фоне особенно остро стоит вопрос сокращения выбросов в отраслях, традиционно являющихся основными генераторами парниковых газов.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Предпосылки корпорации «Металлоинвест» как лидера «зеленой металлургии»

Согласно данным интернет-портала «Коммерсантъ», в 2020 г. каждая тонна произведенной стали приводила к выбросу в атмосферу почти 2 т углекислого газа, иначе называемого парниковым [6]. Причина генерирования CO<sub>2</sub> в металлургии на 95% связана с использованием углеродсодержащих энергоресурсов: кокса, мазута, горючего природного газа [7, 8, 9].

В общих антропогенных выбросах парниковых газов доля черной металлургии составила 6,7%. По данным Международного энергетического агентства (International Energy Agency, IEA) [10], доля черной металлургии в мировых промышленных выбросах CO<sub>2</sub> составляет 30% (рис. 1).

На минимизацию выбросов CO<sub>2</sub> нацелены технологии «зеленой металлургии». Результатом их применения должно стать сокращение максимального удельного (на одну тонну стали) выброса CO<sub>2</sub> до 250 кг. Именно такую задачу определила Всемирная ассоциация производителей стали WorldSteel, объединяющая более 170 крупнейших произво-

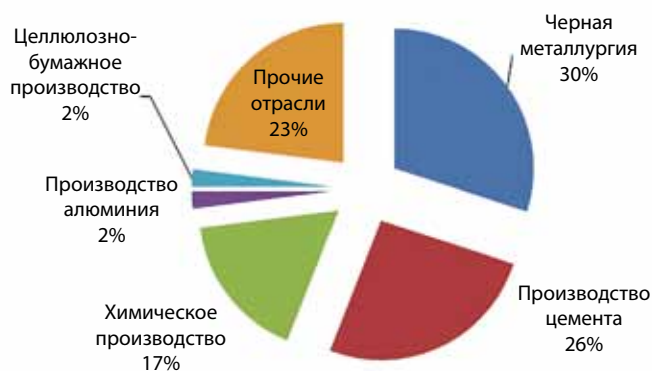


Рис. 1. Отраслевая структура выбросов CO<sub>2</sub> (по материалам [10])

дителей стали в России и за рубежом, в программном документе WorldSteel об изменении климата и производстве чугуна и стали (Worldsteel Policy Paper on Climate Change and the Production of Iron and Steel), принятом в 2021 г. [11].

Одной из российских корпораций, рассматривающей концепцию декарбонизации производства как неотъемлемую часть долгосрочной стратегии и ключевой фактор конкурентоспособности, является «Металлоинвест» – крупнейшая горно-металлургическая корпорация России и СНГ. Благодаря постоянным технологическим инновациям корпорация смогла завоевать российский и мировой рынок железорудной продукции и высококачественной стали, стала мировым лидером в производстве горячебрикетированного железа (ГБЖ). Территориально предприятия корпорации сконцентрированы в Центральной России – Лебединский и Михайловский горно-обогащительные комбинаты и Оскольский электрометаллургический комбинат. До конца февраля 2022 г. в состав корпорации входил металлургический комбинат «Уральская сталь», производящий преимущественно металлические болванки и сталь для мостостроения. Также в корпорацию входит компания по вторичной переработке металла «УралМетКом», имеющая несколько филиалов, а также предприятия, обеспечивающие сервисное обслуживание и поставку сырьевых материалов (рис. 2).

Сырьевой базой корпорации «Металлоинвест» являются железорудные месторождения с разведанными запасами 13,8 млрд т, что обеспечивает корпорацию высококачественной рудой более чем на 135 лет при текущем уровне эксплуатации [12]. В 2020 г. корпорация произвела 100% российского производства ГБЖ и металлизированных окатышей, 37% железорудного концентрата и аглоруды, 54% железорудных окатышей, 7% стали, отличающейся высочайшим качеством. Объемы производства продукции представлены на рис. 2.

Особый интерес для «зеленой металлургии» представляет горячебрикетированное железо. Это высокотехнологичное сырье с высокой добавленной стоимостью, замещающее в производственном процессе чугун и лом черных металлов. Использование ГБЖ позволяет в 2,7 раза сократить удельную эмиссию загрязняющих веществ и в 2,1 раза удельную эмиссию CO<sub>2</sub>. Тренд на сокращение эмиссии углекислого газа увеличивает спрос на ГБЖ по всему миру. Это сырье по праву становится основой производства «зеленой стали».

Горячебрикетированное железо в России выпускает единственное предприятие – Лебединский горно-обогащительный комбинат, входящий в состав корпорации «Металлоинвест». Как глобальный лидер в производстве горячебрикетированного железа корпорация «Металлоинвест» закладывает основу для снижения выбросов парниковых газов в интересах будущих поколений.

Производственные технологии предприятий корпорации позволяют максимально снижать выбросы парниковых газов как на собственном производстве, так и у потребителей. Именно по такому принципу работает другое предприятие корпорации «Металлоинвест» – Оскольский электрометаллургический комбинат (ОЭМК), применяющий технологии прямого восстановления железа и элект-



Рис. 2. Основные производственные характеристики корпорации «Металлоинвест» (по материалам [12])

тросталеплавильного производства. Прямая и косвенная эмиссия парниковых газов на комбинате составляет 1,3 т CO<sub>2</sub> на 1 т стали. Это самый низкий показатель среди российских металлургических предприятий. Руководство корпорации «Металлоинвест» ставит перед собой задачу не только достичь углеродной нейтральности собственного производства к 2050 г., но и за счет качества своей продукции добиться максимального сокращения выбросов у потребителей уже в ближайшей перспективе – к 2025 г. они должны сократиться на 44% [13].

Эти два примера показывают, что у корпорации «Металлоинвест» есть все предпосылки стать лидером «зеленой металлургии» в России.

### Перспективы Арктики как углеродно нейтральной территории

Логическим продолжением декарбонизации производства является идея углеродно нейтральной территории. В настоящее время обсуждаются возможности достижения углеродной нейтральности в некоторых регионах России. Среди таких регионов рассматриваются Сахалин, Калининградская и Ульяновская области, а также некоторые другие российские территории. Мы полагаем, что российская Арктика имеет перспективы углеродной нейтральности.

Значимость Арктики для развития России и глобальной экономики в последние десятилетия постоянно возрастает. Растет спрос на арктические ресурсы, в первую очередь – энергетические и минеральные [14, 15, 16]. Потепление климата, сокращение ледового слоя и продление сроков навигации, с одной стороны, а также ограничения, вызванные санкциями против России, с другой стороны, делают все более привлекательным Северный морской путь для формирования национальных и транснациональных логистических путей, развития прибрежных территорий.

Перспективы Арктики стать углеродно нейтральной территорией исходят из необходимости и возможности. Необходимость заключается в том, что арктические экологические системы наименее устойчивы к антропогенно-

му воздействию – их способности к самоочистке и противостоянию загрязнению углекислым газом незначительны вследствие пониженной скорости протекания биохимических процессов при низких температурах, недостаточности почвенного слоя, скудости и незащищенности растительного мира, других объективных факторов [17, 18]. Поэтому арктические экосистемы, как никакие другие, нуждаются в защите от загрязнений.

Возможность Арктики стать углеродно нейтральной территорией базируется на следующих факторах. Прежде всего, российские арктические территории занимают огромную площадь – около 9 млн кв. км. При этом территории мало заселены – в Арктике расположены всего два города с населением более 150 тыс. чел.: Мурманск (283 тыс. чел по состоянию на 2021 г.) и Норильск (183 тыс. чел по состоянию на 2021 г.); общая численность населения Арктической зоны Российской Федерации составляет менее 2,5 млн чел., или 2% от населения России. Промышленные предприятия расположены локально, территориально занимают небольшие площади. При этом в Мурманской области, наиболее промышленно развитом арктическом регионе, нами выявлен эффект декаплинга, суть которого заключается в том, что темпы роста промышленного производства и валового регионального продукта опережают темпы роста выбросов парниковых газов [19].

Кроме того, в Арктике уже реализуется ряд проектов, направленных на сокращение выбросов парниковых газов: это ветропарк «Кольская ВЭС», ветровые генераторы которого смогут ежегодно вырабатывать около 750 ГВт·ч электроэнергии, избегая при этом выбросов более 600 тыс. т CO<sub>2</sub> в атмосферу; проект строительства атомной станции малой мощности в Якутии, что позволит устранить устаревшие угольные и дизельные генераторы энергии и на 10 тыс. т в год сократить выбросы парниковых газов; установка в отдаленных населенных пунктах гибридных генераторов, позволяющих для получения электроэнергии сочетать традиционный источник – дизельное топливо и альтернативные, солнечные и ветровые, источники; сбор и использование

метана при переработке мусора и др. Помимо обеспечения углеродной нейтральности такие проекты дают существенный экономический эффект, связанный с сокращением затрат на приобретение и доставку топлива.

АО «РОСНАНО» с руководством Мурманской области подписали в июне 2021 г. соглашение о реализации пилотного проекта по созданию углеродно нейтральной зоны. В рамках проекта предполагается к 2025 г. наладить производство, хранение и транспортировку «зеленого водорода», полученного с использованием ветрогенераторов. Кроме того, предполагается внедрение технологий «зеленой» утилизации твердых бытовых отходов, цифровых проектов энергоэффективности и пр. [20]. Создание углеродно нейтральной зоны в Мурманской области приведет к тому, что отчисления в рамках проекта трансграничного углеродного регулирования российских предприятий-экспортеров, расположенных на территории региона, сократятся вдвое.

### ВЫВОДЫ

Одним из необходимых этапов обеспечения долгосрочного экономического роста России с учетом необходимости снижения нагрузки на окружающую среду в последние годы стала декарбонизация производства, что означает максимальное сокращение выбросов CO<sub>2</sub> с компенсацией остатков, а в идеале – даже полное их прекращение. Российская Федерация во многом является лидером декарбонизации промышленного производства. Цель значительного сокращения объемов выбросов парниковых газов до полной углеродной нейтральности закреплена в национальном законодательстве; на самом высоком уровне рассматриваются возможности создания углеродно нейтральных регионов.

В настоящее время российские металлургические корпорации стремятся к сокращению удельной эмиссии CO<sub>2</sub> на своих предприятиях. Такие действия полностью соответствуют общемировой тенденции декарбонизации промышленности. Крупнейшая в России и СНГ горно-металлургическая корпорация «Металлоинвест» рассматривает концепцию декарбонизации производства как неотъемлемую часть долгосрочной стратегии и ключевой фактор конкурентоспособности. Закладывая основу для снижения выбросов парниковых газов в интересах будущих поколений, корпорация имеет все предпосылки стать лидером «зеленой металлургии» в России.

Перспективы российской Арктики стать углеродно нейтральной территорией исходят из необходимости и возможности. Необходимость заключается в том, что арктические экологические системы, как никакие другие, нуждаются в защите от загрязнений. Возможности связаны с локальным расположением промышленных предприятий и населенных пунктов, эффектом декарбонизации, заинтересованностью власти и бизнес-структур, успешным результатом реализации ряда проектов, направленных на сокращение выбросов парниковых газов.

### Список литературы

1. Глинина О.И. Международный форум «Российская энергетическая неделя – 2021» // Уголь. 2022. № 2. С. 29-36. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-2-29-36.
2. Шутько Л.Г., Самородова Л.Л. Углеродный след и эффект декарбонизации в угледобыче Кузбасса // Уголь. 2022. № 2. С. 61-66. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-2-61-66.
3. Самарина В.П., Скуфына Т.П. «Зеленая экономика» горнодобывающих регионов России: факты и тенденции // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 7. С. 267-272.
4. Lin B., Xu M. Exploring the green total factor productivity of China's metallurgical industry under carbon tax: A perspective on factor substitution // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 244. 118848.
5. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: Декларация Генеральной Ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420355765> (дата обращения: 15.05.2022).
6. Гледова Е. Возможна ли в России «зеленая» металлургия? // Интернет-портал «Коммерсант». URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4975847>. Дата обращения: 15.05.2022.
7. Самарина В.П., Скуфына Т.П., Савон Д.Ю. Комплексная оценка устойчивого развития горно-металлургических холдингов: проблемы и механизмы их разрешения // Уголь. 2021. № 7. С. 20-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24.
8. Some system problems of Russian mining enterprises of ferrous metallurgy / V. Samarina, T. Skufina, A. Samarin et al. // International Review of Management and Marketing. 2016. No 6 (S1). P. 90-94.
9. Самарина В.П. Черная металлургия России: экономические, экологические и информационно-коммуникационные проблемы развития // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. 2016. С. 528-532.
10. Energy Technology Perspectives 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020> (дата обращения: 15.05.2022).
11. Worldsteel Policy Paper on Climate Change and the Production of Iron and Steel – 2021. URL: <https://worldsteel.org/publications/policy-papers/> (дата обращения: 15.05.2022).
12. Металлоинвест: Официальный сайт. URL: <https://www.metalloinvest.com/about/> (дата обращения: 15.05.2022).
13. Эволюция современной металлургии: Отчет об устойчивом развитии 2020 Металлоинвест. URL: <https://www.metalloinvest.com/development/csr-reports/> (дата обращения: 15.05.2022).
14. Арктический путь / Ю.В. Разовский, Я.Д. Вишняков, Е.Ю. Савельева и др. // Уголь. 2019. № 4. С. 36-38. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-36-38.
15. Социально-экономическое развитие северо-арктических территорий России: Монография. Апатиты: Издательство КНЦ РАН, 2019. 119 с. DOI: 10.25702/KSC.978.5.91137.408.2.
16. Экономика современной Арктики: в основе успешности эффективное взаимодействие и управление интегральными рисками: монография. Апатиты: Издательство КНЦ РАН, 2020. 245 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.416.7.
17. Социально-экономическая динамика и перспективы развития российской Арктики с учетом геополитических, макроэкономических, экологических и минерально-сырьевых факторов: монография. Апатиты: Издательство КНЦ РАН, 2021. 209 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.458.7.
18. Региональная экономика: Северо-Арктические территории России. Курск: Университетская книга, 2022. 144 с. DOI: 10.47581/2021/03.Samarina.002.
19. Скуфына Т.П., Самарина В.П. Проявление эффекта декарбонизации в промышленно развитом регионе (на примере Мурманской об-



ласти) // Научный вестник Московского государственного горного университета. 2013. № 12. С. 205-211.

20. Корпорация развития Мурманской области: РОСНАНО создаст углеродно нейтральную территорию в Мурманской области.

URL: <https://invest-murman.ru/news/rosnano-sozdast-uglerodno-nejtralnuju-territoriju-v-murmanskoj-oblasti/> (дата обращения: 15.05.2022).

## Original Paper

UDC 334.021 © T.P. Skufina, V.P. Samarina, A.V. Samarin, 2022  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 54-58  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-54-58>

## Title

### CONCERNING PROCESSES OF DECARBONIZATION OF PRODUCTION AND PROSPECTS FOR THE ARCTIC AS A CARBON-NEUTRAL TERRITORY

## Authors

Skufina T.P.<sup>1</sup>, Samarina V.P.<sup>1</sup>, Samarin A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Luzin Institute for Economic Studies, Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences», Apatity, 184209, Russian Federation

<sup>2</sup> Starooskolsky Branch of Belgorod State National Research University, Stary Oskol, 309502, Russian Federation

## Authors Information

**Skufina T.P.**, Doctor of Economics Sciences, Professor, Chief Researcher, e-mail: [skufina@gmail.com](mailto:skufina@gmail.com)

**Samarina V.P.**, Doctor of Economic Sciences, senior researcher, e-mail: [samarina\\_vp@mail.ru](mailto:samarina_vp@mail.ru)

**Samarin A.V.**, Phd (Philosophical), Associate Professor of the Faculty of Education, e-mail: [aivc\\_samarin@mail.ru](mailto:aivc_samarin@mail.ru)

## Abstract

The paper, dedicated to the 50th anniversary of the United Nations Conference on the Human Environment, considers a successful example of the decarbonization of production in the Russian iron and steel industry. The prerequisites for the mining and metallurgical corporation "Metalloinvest" as Russian leader in "green metallurgy" have been determined. The essence of "green metallurgy" is to use the least energy-intensive technologies and minimize carbon dioxide emissions in the process of steel production. The necessity and possibilities of the Russian Arctic to become a carbon-neutral territory have been substantiated. The necessity is as follows: the Arctic ecological systems, like no other ones, need protection from pollution. Opportunities are associated with the following: local arrangement of industrial enterprises and settlements, decoupling effect, interest of government and business structures and successful result of the implementation of a number of projects aimed at reducing of greenhouse gas emission as well.

## Keywords

Decarbonization, Greenhouse gases, Green metallurgy, Arctic, Carbon-neutral territory.

## References

- Glinina O.I. Russian energy week international forum 2021 outcomes. *REW-2021. Ugol'*, 2022 (2), pp. 29-36 (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-2-29-36.
- Shutko L.G. & Samorodova L.L. Carbon footprint and decoupling effect in Kuzbass coal mining. *Ugol'*, 2022 (2), pp. 61-66. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-2-61-66.
- Samarina V.P. & Skufina T.P. "Green Economy" of Mining Regions of Russia: Facts and Trends. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2015, (7), pp. 267-272 (In Russ.).
- Lin B. & Xu M. Exploring the green total factor productivity of China's metallurgical industry under carbon tax: A perspective on factor substitution. *Journal of Cleaner Production*, 2020, (244), 118848.
- Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development: Un General Assembly Declaration of 25 September 2015. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420355765> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).
- Gledova E. Is it possible in Russia "green" metallurgy? Internet portal "Kommersant". Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/4975847> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).
- Samarina V.P., Skufina T.P. & Savon D.Y. Integrated assessment of sustainable development of mining and metallurgical holdings: problems and mechanisms for their resolution. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 20-24. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24.

8. Samarina V., Skufina T., Samarin A. & Baranov S. Some system problems of Russian mining enterprises of ferrous metallurgy. *International Review of Management and Marketing*, 2016, (6 (S1)), pp. 90-94.

9. Samarina V.P. Ferrous Metallurgy of Russia: Economic, Environmental and Information and Communication Problems of Development. *Sever i Arktika v novej paradigme mirovogo razvitiya*, 2016, pp. 528-532 (In Russ.).

10. Energy Technology Perspectives 2020. Available at: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020> (accessed 15.05.2022).

11. Worldsteel Policy Paper on Climate Change and the Production of Iron and Steel – 2021. Available at: <https://worldsteel.org/publications/policy-papers/> (accessed 15.05.2022).

12. Metalloinvest. Available at: <https://www.metalloinvest.com/about/> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

13. The Evolution of Modern Metallurgy: Sustainable Development Report 2020 Metalloinvest. Available at: <https://www.metalloinvest.com/development/csr-reports/> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

14. Razovsky Yu.V., Vishnyakov Ya.D., Savelyeva E.Yu., Kiseleva S.P. & Makolova L.V. Arctic Route. *Ugol'*, 2019, (4), pp. 36-38. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-36-38.

15. Socio-economic development of the north-arctic territories of Russia. Russia, Apatity, 2019. (In Russ.). DOI: 10.25702/KSC.978.5.91137.408.2.

16. The Economy of the Modern Arctic: Effective Interaction and Management of Integral Risks at the Heart of Success. Russia, Apatity, 2020. (In Russ.). DOI: 10.37614/978.5.91137.416.7.

17. Socio-economic dynamics and prospects for the development of the Russian Arctic, taking into account geopolitical, macroeconomic, environmental and mineral resource factors. Russia, Apatity, 2021. (In Russ.). DOI: 10.37614/978.5.91137.458.7.

18. Regional economy: North Arctic territories of Russia. Russia, Kursk, 2022. (In Russ.). DOI: 10.47581/2021/03.Samarina.002.

19. Skufina T.P. & Samarina V.P. Manifestation of the decapling effect in an industrially developed region (on the example of the Murmansk region). *Nauchnyj vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*, 2013 (12), pp. 205-211. (In Russ.).

20. Murmansk Region Development Corporation: RUSNANO will create a carbon neutral territory in the Murmansk Region. Available at: <https://invest-murman.ru/news/rosnano-sozdast-uglerodno-nejtralnuju-territoriju-v-murmanskoj-oblasti/> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

## Acknowledgements

The study was performed with financial support of the Russian Science Foundation grant, Project No. 22-28-01385.

## For citation

Skufina T.P., Samarina V.P. & Samarin A.V. Concerning processes of decarbonization of production and prospects for the Arctic as a carbon-neutral territory. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 54-58. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-54-58.

## Paper info

Received March 27, 2022

Reviewed April 28, 2022

Accepted May 23, 2022

УДК 622.85:504 © Т.В. Корчагина, В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев, 2022

# Цифровой мониторинг природно-техногенной среды для обеспечения экологической безопасности предприятий горнодобывающей отрасли

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-59-67>

Переход на цифровые технологии систем геоэкологического мониторинга приводит к значительному увеличению объемов мультимодальных данных из различных источников. Их интеграция возможна только путем создания специализированных цифровых платформ, позволяющих создание информационного пространства, обеспечивающего мировые стандарты обработки пространственных данных. Интеграция методов дистанционного и наземного мониторинга с цифровыми математическими моделями обеспечивает эффективную обработку больших объемов данных, существенно повышая эффективность принятия решений, а также комплексную оценку воздействия угледобывающего предприятия на состояние природно-техногенной среды.

**Ключевые слова:** цифровой мониторинг, природная и техногенная среда, экологическая безопасность, аппаратно-программный комплекс.

**Для цитирования:** Корчагина Т.В., Потапов В.П., Счастливцев Е.Л. Цифровой мониторинг природно-техногенной среды для обеспечения экологической безопасности предприятий горнодобывающей отрасли // Уголь. 2022. № 6. С. 59-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-59-67.

## ВВЕДЕНИЕ

Современная система производственного мониторинга, действующая на предприятиях угольной промышленности (горнодобывающего комплекса), хотя и построена строго в соответствии с действующим природоохранным законодательством, обладает определенной периодичностью (см. таблицу) и не обеспечивает эффективного контроля экологического состояния окружающей природной среды [1].

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Применение современных методов и средств геоэкологического мониторинга неизбежно вызывает необходимость внедрения принципиально нового класса информационно-вычислительных систем, обеспечивающих создание интегрированной среды (цифровой платформы), работающей с использованием новейших подходов к обработке больших объемов разнородной информации, поступающей уже в форме потоков.

Однако ее разработка сталкивается с существенным отставанием законодательной базы по цифровизации природопользования, обеспечения геоэкологического мониторинга и экологической безопасности ведения

### КОРЧАГИНА Т.В.

Канд. техн. наук,  
Директор ООО СИГД  
АО ХК «СДС-Уголь»,  
650066, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: t.korchagina@sds-ugol.ru

### ПОТАПОВ В.П.

Доктор техн. наук,  
главный научный сотрудник  
Кемеровского филиала ФИЦ ИВТ,  
650025, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: vadimptpv@gmail.com

### СЧАСТЛИВЦЕВ Е.Л.

Доктор техн. наук,  
заведующий лабораторией  
моделирования геоэкологических систем  
Кемеровского филиала ФИЦ ИВТ,  
650025, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: schastlivtsev@ict.sbras.ru

Периодичность производственного контроля на предприятиях угольной промышленности

Мониторинг	Способ проведения	Частота проведения	Сроки предоставления данных	Информативность для принятия решений
Водных ресурсов (поверхностные воды)	Отбор проб и их исследование лабораторными методами	От 1 раза в месяц, (до 1 раза в квартал), как правило, по открытой воде (9-12 раз в год)	От нескольких суток до нескольких недель (протокол)	Отсутствует
Атмосферного воздуха	Отбор проб и их исследование лабораторными методами	До 50 замеров в год	От нескольких суток до нескольких недель (протокол)	Отсутствует
Земельных ресурсов	Полевые исследования	1 раз в 5 лет	Отчет	Отсутствует
Растительного покрова	Полевые исследования	1 раз в 5 лет	Отчет	Отсутствует
Животного мира	Полевые исследования	1 раз в 5 лет	Отчет	Отсутствует

горных работ. Поэтому сегодня мы вынуждены ориентироваться на Указы Президента РФ и некоторые постановления Правительства РФ, которых явно недостаточно для эффективной работы современных систем мониторинга.

Следует отметить, что Постановлением Правительства РФ от 13 марта 2019 г. № 262 [2] утверждены Правила создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ. Однако основная масса объектов горнодобывающей промышленности не подпадает под это постановление.

Разработанный нами в процессе многолетних работ программно-аппаратный комплекс информационно-вычислительной системы экологической безопасности представляет собой в наиболее общем виде цифровую фабрику по обработке мультимодальных потоков пространственной информации [3].

Структура программно-аппаратного комплекса (рис. 1) состоит из системы взаимосвязанных во времени и пространстве блоков, обеспечивающих сбор, обработку, хранение и анализ данных мониторинга природной среды, их удобное представление для оценки контроля состояния и принятия соответствующих решений.

Программно-аппаратный комплекс как цифровая фабрика по обработке мультимодальных потоков пространственной информации обеспечивает:

- наземный и дистанционный (космический) мониторинг:
  - водных ресурсов;
  - почвенного покрова;
  - растительного покрова и животного мира;
  - снегового покрова;
  - распространения и выпадения загрязняющих веществ (ЗВ) из атмосферы;
- оценку и прогноз воздействия факторов угледобычи на природную среду и человека при ведении горных работ, включающих:
  - состояние и оценку качества водных ресурсов;
  - состояние и оценку качества и загрязнения атмосферного воздуха и выпадения ЗВ;
  - состояние и оценку качества почв и растительности;
- при взрывных горных работах расчетную оценку (на каждый взрыв):
  - распространения и выпадения загрязняющих веществ из атмосферы;
  - сейсмического воздействия;

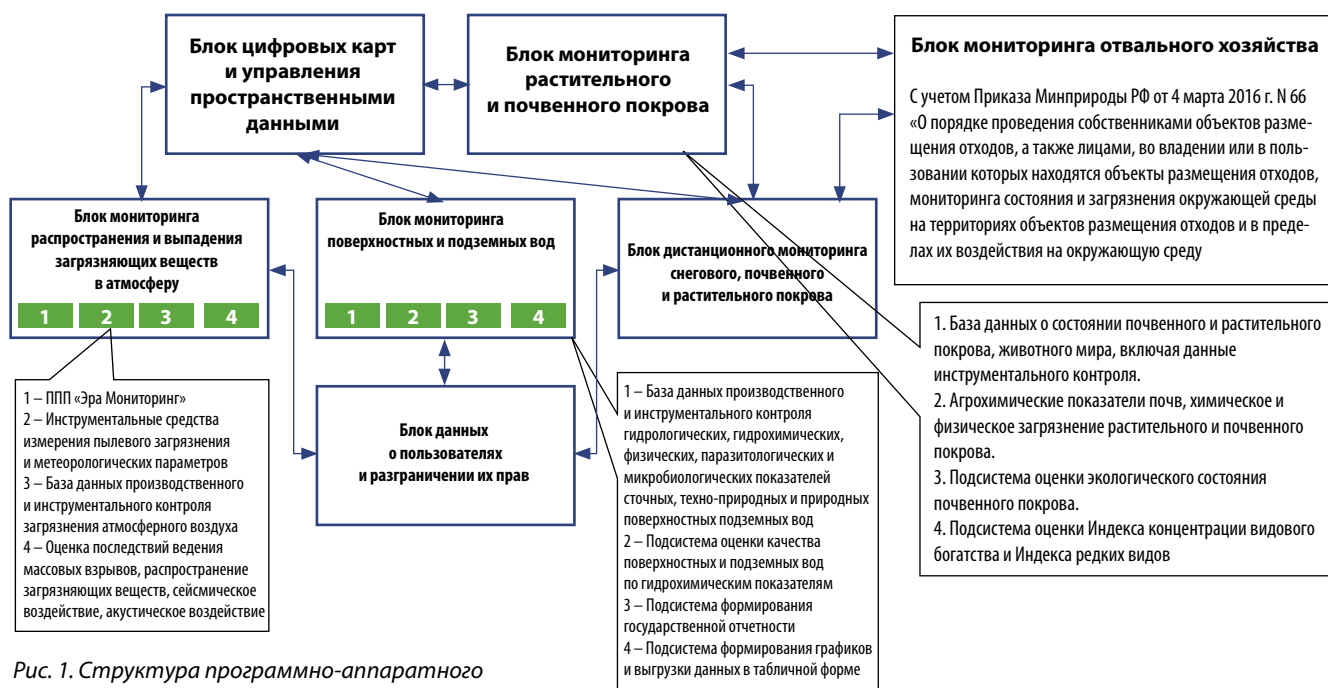


Рис. 1. Структура программно-аппаратного комплекса информационно-вычислительной системы экологической безопасности





изводства и контроля (надзора), повысить уровень гибкости и кастомизации с учетом требований конечных пользователей.

Одним из основных элементов цифровой фабрики является блок, реализующий процедуру ETL (Extract, Transform, Load – дословно: «извлечение, преобразование, загрузка»). В его рамках данные из нескольких систем-источников проходят несколько стадий преобразования и попадают в систему-приемник, реализованный как хранилище мультимодальных данных.

Реализация на основе цифровой фабрики программно-аппаратного комплекса «ЭРАвоздух» обеспечивает мониторинг распространения атмосферных загрязнений в режиме текущего (реального) времени. Программно-аппаратный комплекс состоит из:

- средств инструментального измерения (контроля) пылевого загрязнения и метеорологических параметров атмосферного воздуха на основе технологии «Интернета вещей»;
- расчетного модуля распространения загрязняющих веществ на основе программного комплекса «Эра» 3.0, имеющего соответствующую Государственную регистрацию (Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды № 140-09213/20и от 30.11.2020);
- базы данных производственного контроля и инструментального мониторинга загрязнения атмосферного воздуха;
- системы оценки распространения загрязняющих веществ, сейсмического и акустического воздействия при массовых взрывах (на каждый взрыв).

Структура программно-аппаратного комплекса мониторинга атмосферного воздуха с использованием «Интернета вещей» представлена на рис. 4.

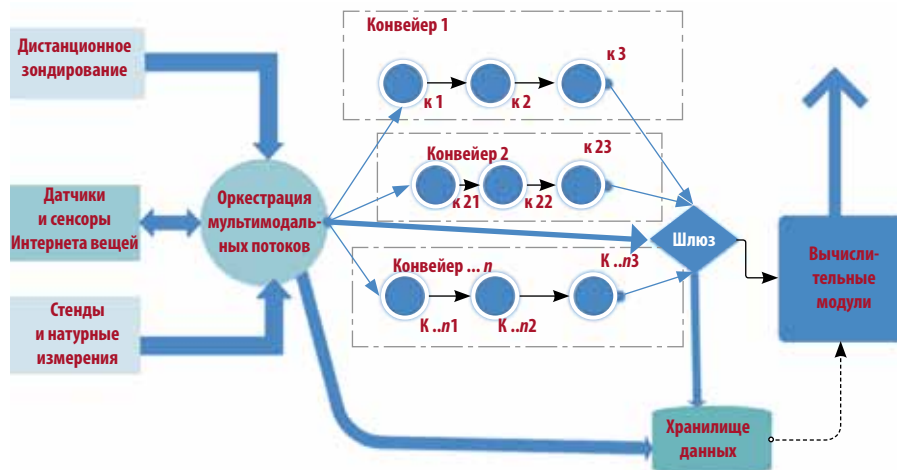


Рис. 3. Информационная модель цифровой фабрики на основе средств контейнеризации и оркестрации

База источников аэропромвыбросов программно-аппаратного комплекса системы включает не только источники выбросов самого предприятия, но и источники, расположенные на сопредельных территориях, вклад которых в общее загрязнение превышает 5% от общего загрязнения территории. Аппаратный комплекс обеспечивает систему данными о метеорологических параметрах атмосферного воздуха, пылевом, пылегазовом загрязнении в точках установки датчиков, которые поступают, хранятся и обрабатываются в соответствующих базах данных. Комплекс обеспечивает оценку пылевого загрязнения, включая респираторную пыль, в соответствии с действующими нормативами.

В системе реализованы типовые международные протоколы сбора, обработки и передачи данных.

При работе в режиме текущего времени программно-аппаратный комплекс обеспечивает взаимодействие расчетного модуля с пылевыми (пылегазовыми) датчиками и мобильным метеокomплексом с заданной частотой. Расчетный модуль показывает распределение пылевого (пылегазового) загрязнения атмосферного воздуха и вклад



Рис. 4. Состав и взаимодействие элементов программно-аппаратного комплекса



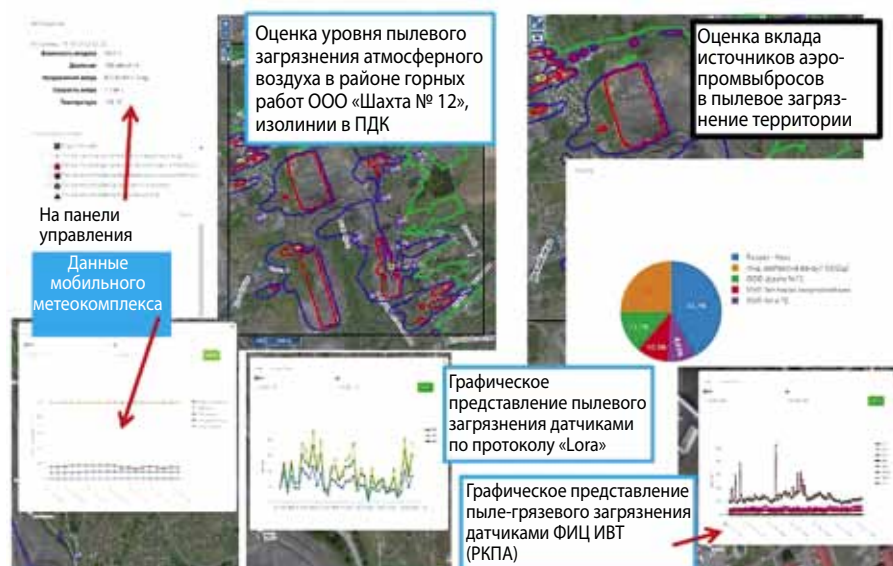


Рис. 5. Пример работы программно-аппаратного комплекса мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в режиме текущего (реального) времени

Программно-аппаратный комплекс мониторинга поверхностных и подземных вод разработан в соответствии с Приказом Минприроды РФ от 08.07.2009 № 205 «Об утверждении порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод, их качества» [6].

Информация поступает в базы данных мониторинга водных ресурсов (расход водных ресурсов в точках забора и сброса, гидрохимический состав техно-природных вод, паразитологические и микробиологические показатели в точках мониторинга). Данные в базу поступают как от аккредитованных лабораторий, определяющих гидрохимическое загрязнение в точках сброса и на открытом

источников выброса загрязняющих веществ в общее загрязнение в районе горных работ (рис. 5).

На рис. 6 показано взаимодействие расчетного модуля с данными дистанционного мониторинга и наземной снеговой съемки при анализе выпадения пылевых частиц от всех источников выбросов на земную поверхность в районе ведения горных работ.

Снеговая съемка, совместно с датчиками «Интернета вещей» измерения пылевого и пылегазового контроля загрязнения атмосферного воздуха обеспечивает верификацию расчетного модуля программно-аппаратного комплекса мониторинга и оценки состояния атмосферного воздуха, совместно с пылевыми и пылегазовыми датчиками обеспечивает определение вклада предприятия в общее загрязнение атмосферного воздуха.

русле водного объекта, так и с датчиков (например, работающих по технологии «Интернета вещей») определения расхода (забор, сброс) и гидрохимического загрязнения природных и техногенных вод (рис. 7).

Для учета водоотведения средствами измерений создана схема, соответствующая форме 1.4 [6]. Она содержит сведения о ежедневном водоотведении (дата измерения, показания измерительного прибора, время его работы и расход воды). Учет объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод должен производиться сред-

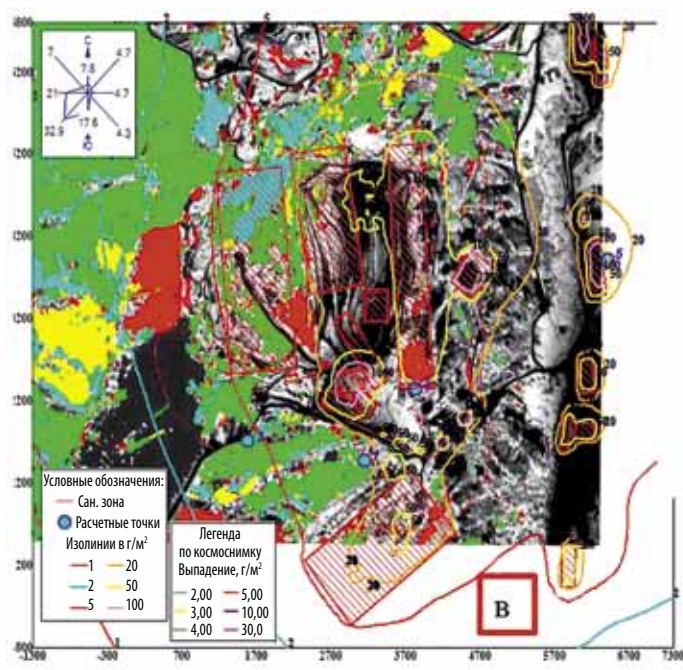


Рис. 6. Изолинии расчетного снегового загрязнения района горных работ АО «Салек» с учетом выбросов пыли от всех источников (а) и сравнение результатов расчета выпадения в снег с областями загрязнения снега по данным космоснимка от 17 марта 2020 года (б)



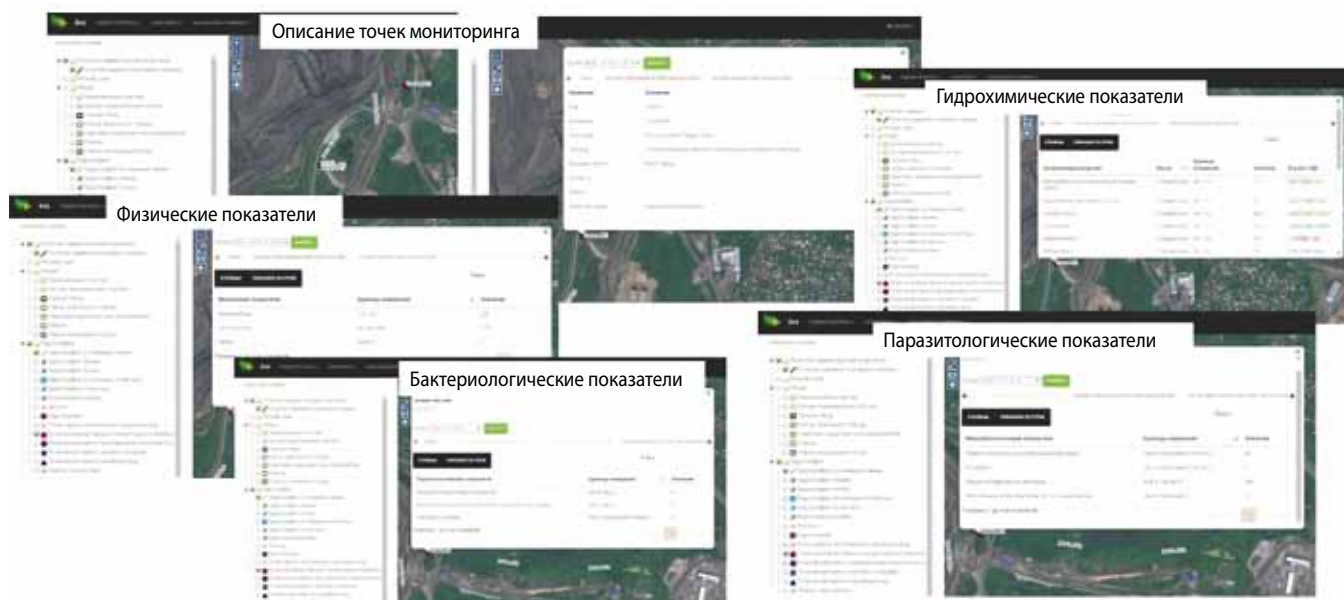


Рис. 7. Пример работы базы мониторинга водных ресурсов

ствами измерений, внесенными в Государственный реестр средств измерений.

Для учета водоотведения другими методами создана схема, соответствующая форме 1.6 [6]. Она содержит сведения о ежедневном отведении вод и прочие атрибуты (идентификатор, дату, производительность насосов или удельный расход электроэнергии, время работы оборудования). Для учета качества сбрасываемых сточных и дренажных вод создана база данных, соответствующая форме 2.2 [6]. Она содержит дату отбора пробы, наименования ингредиентов, их концентрацию, расход воды. В базе данных представлено подробное описание пунктов учета водоотведения и водопотребления (промышленное предприятие, участок, название, широта, долгота, средства учета, периодичность учета, приемник или источник вод).

Мультиmodalность приема данных программно-аппаратным комплексом экологической безопасности горнодобывающего предприятия обеспечивает эффективную реализацию данных дистанционного (космического) мониторинга. Дистанционный мониторинг позволяет вести контроль состояния как почвенного и растительного покровов, так и загрязнения водных ресурсов.

Эффективность дешифрирования во многом зависит от выбора оптимальных технологических решений, проработанных методик, наземного информационного обеспечения и подбора информационно-математических моделей, подходящих для конкретного региона исследования.

Главное назначение дистанционного мониторинга – выявить очаги экологической опасности, указать места предполагаемого загрязнения, проследить динамику состояния объекта во времени. Уточнение объектов загрязнения возможно только замерами и лабораторным исследованием образцов.

Для такого мониторинга применяются различные типы космических изображений, а именно:

- мульти- и гиперспектральные изображения (для анализа растительности);

- радарные изображения (для комплексного геодинамического мониторинга).

Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных» изображений. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, получили общепринятое название вегетационных индексов [7].

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности – простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом). Чем лучше развита растительность во время вегетации, тем выше значение NDVI. Таким образом, NDVI – это индекс, по которому можно судить о развитии зеленой массы растений во время их роста [7, 8].

Индекс площади листа (LAI) – это безразмерная величина, характеризующая растительный покров. LAI – важный показатель в исследованиях, которые изучают состояние сельскохозяйственных культур, лесных насаждений, окружающей среды и климатических условий [9].

Содержание воды в листе (CW) является мерой количества воды, содержащейся в листе. Индекс CW является важной составляющей растительности, поскольку более высокое содержание воды указывает на более здоровую растительность [10].

Пример мониторинга растительного покрова приведен на рис. 8.

Оценка влияния горных работ на состояние растительного покрова производится на основании расчета индекса концентрации видового богатства и индекса редких видов. Для этого созданы специальные сервисы, которые находят необходимые для расчетов данные в соответствующих базах данных, сформированных в программно-аппаратном комплексе экологической безопасности горного предприятия.

Индекс концентрации видового богатства определяется по формуле:

$$I = \frac{S}{\lg(A)}$$

где  $S$  – число видов;  $A$  – площадь района.

Индекс редких видов, характеризующий количество редких и исчезающих видов, определяется по формуле:

$$ИРВ = \frac{\sum N_i}{C_i}$$

где  $N_i$  – число видов данной группы (например, высшие сосудистые растения, лишайники и т.п.);  $C_i$  – категория редкости вида (по классификации, принятой в Красной книге).

Алгоритм расчета индекса концентрации видового разнообразия и индекса редких видов растений представлен на рис. 9.

Дистанционный мониторинг почвенного покрова (рис. 10) обеспечивает контроль нарушенных, рекультивированных земель, земель с самозарастанием нарушенных площадей, качество рекультивации и эффективность самозарастания. Кроме того, современные методы дистанционной радарной съемки земли позволяют контролировать влажность почвенного покрова и другие его физические показатели.

Программно-аппаратный комплекс обеспечивает не только дистанционный контроль состояния территорий горных работ, но и сбор, хранение и обработку данных о состоянии и изменениях почвенного покрова.

В базе данных отражаются геоморфологические показатели территории горных работ, физико-механические, агрохимические, геохимические, микробиологические и паразитологические показатели состояния почвенного покрова.

Экологическое состояние почвенного покрова определяется на основании комплексного почвенно-экологического индекса (ПЭи) состояния почв на территориях, прилегающих к техногенно нарушенным участкам, который позволяет выявить степень нарушения почв и зоны влияния техногенных объектов на прилегающие территории.

$$ПЭи = 12,5(2 - V)П \cdot Дс \frac{\sum t^{\circ} > 10^{\circ} (КУ - P)}{КК + 100} A,$$

где ПЭи – почвенно-экологический индекс;  $V$  – объемная масса почвы (средняя для метрового слоя); 2 – максимально возможная плотность почв при их предельном уплотнении; П – «полезный» объем почв (в метровом слое); Дс – дополнительно учитываемые свойства почв;  $\sum t^{\circ} > 10^{\circ}$  – среднегодовая сумма температур более 10°C; КУ – коэффициент

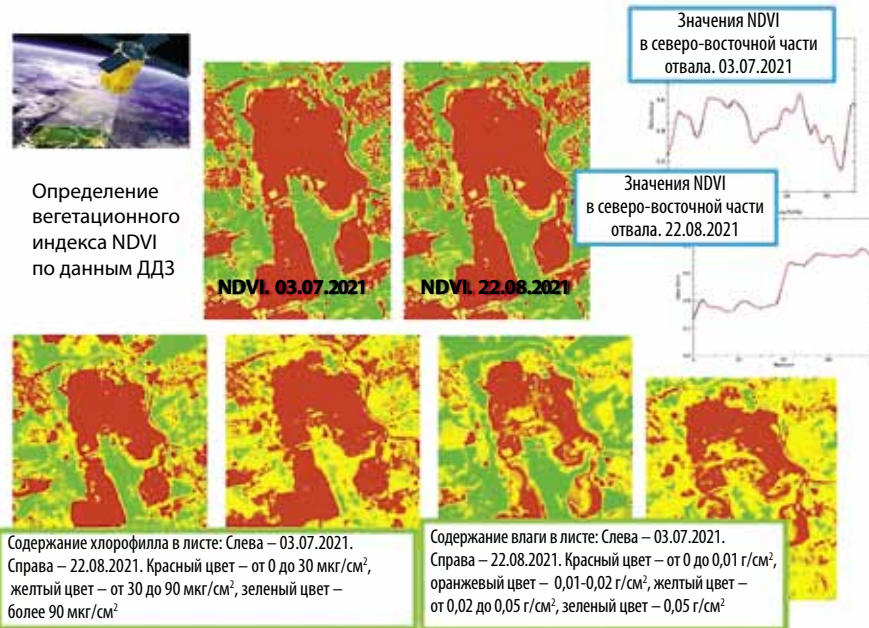


Рис. 8. Пример дистанционного мониторинга растительного покрова на одном из предприятий Кузбасса

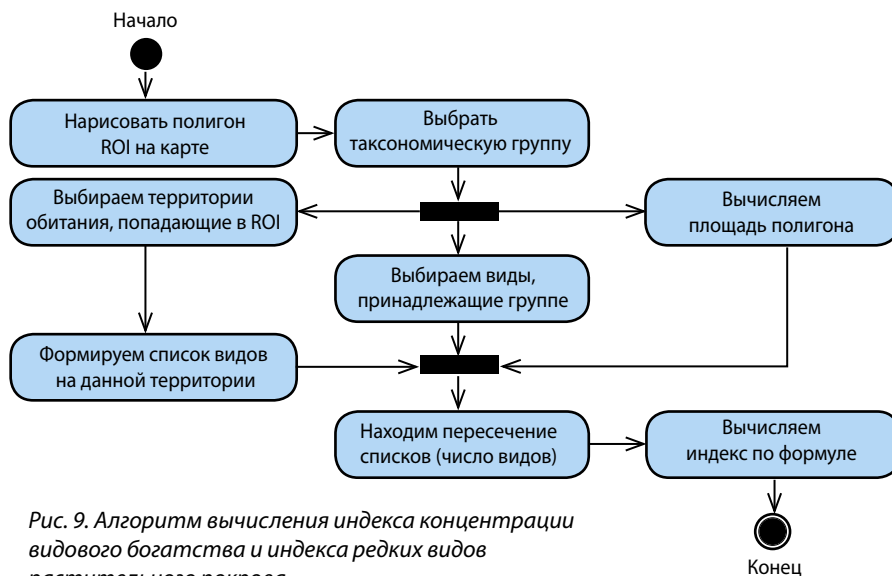


Рис. 9. Алгоритм вычисления индекса концентрации видового богатства и индекса редких видов растительного покрова

увлажнения ( $P$  – поправка к этому коэффициенту); КК – коэффициент континентальности;  $A$  – итоговый агрохимический показатель.

В настоящее время ведутся работы над программно-аппаратным комплексом мониторинга отвального хозяйства. Он создается с учетом Приказа Минприроды РФ от 4 марта 2016 г. № 66 «О порядке проведения собственниками объектов размещения отходов, а также лицами, во владении или в пользовании которых находятся объекты размещения отходов, мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую среду». В составе комплекса предполагается создание сервиса оценки устойчивости отвалов.

Таким образом, созданный программно-аппаратный комплекс мониторинга экологического состояния решает проблему объединения инструментального и программного

обеспечения для различных средств предоставления данных, а также интеграции вычислительных модулей оценки состояния окружающей природной среды на базе общей распределенной информационной платформы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программно-аппаратный комплекс обеспечивает мониторинг, хранение, обработку информации и оценку экологического состояния природной среды в районе ведения горных работ в полном соответствии с действующим природоохранным законодательством и позволяет проводить оценку вклада предприятия в общее загрязнение природной среды с выявлением источников, дающих наибольший вклад.

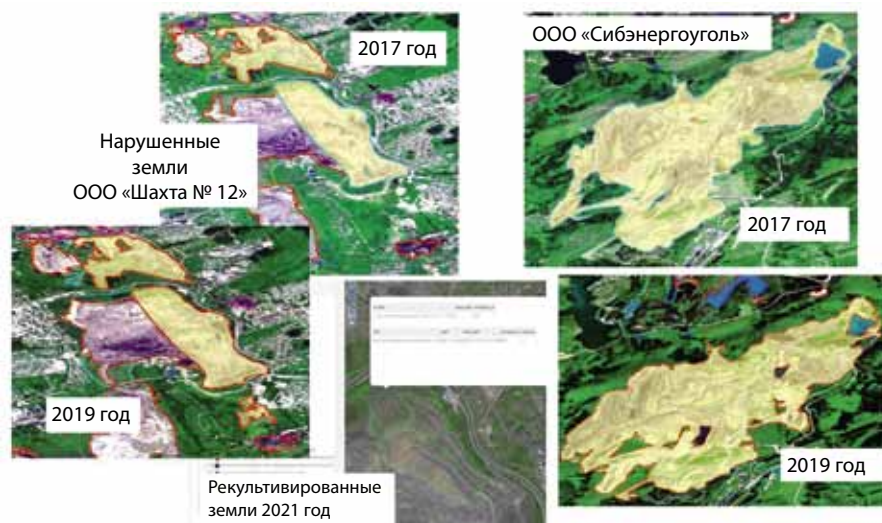


Рис. 10. Пример дистанционного мониторинга почвенного покрова на горнодобывающих предприятиях

### Список литературы

1. Информационно-вычислительная система экологической безопасности ООО «Сибэнеруголь»: подходы, методы, модели / В.В. Устинов, В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев и др. // Уголь. 2018. № 3. С.84–90. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-3-84-90.
2. Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ. Постановление Правительства РФ от 13 марта 2019 г. № 262 // Собрание законодательства РФ. 2019. № 11. Ст. 1146.
3. Цифровые фабрики для комплексного решения задач экологической безопасности предприятий горнодобывающей отрасли / В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев, И.Е. Харлампенко и др. / Тезисы докладов IV Международной НПК «Горное дело в XXI веке: Технологии, наука, образование», г. Санкт-Петербург, 26–28 октября 2021 г. СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. С.157.
4. Мониторинг, оценка и прогноз состояния окружающей природной среды на основе современных информационных технологий / В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев, А.Н. Куприянов и др. Кемерово: ИД «Азия», 2013. 112 с.
5. Потапов В.П., Шокин Ю.И., Юрченко А.В. Цифровые двойники как технология создания нового поколения систем экологического мониторинга горнопромышленных комплексов / Распределенные информационно-вычислительные ресурсы. Цифровые двойники и большие данные (DICR-2019). Труды XVII Международной конференции, г. Новосибирск, 3-6 декабря 2019 г. Новосибирск: ИБТ СО РАН, 2019. С. 9-16. URL: [http://elib.ict.nsc.ru/jspui/bitstream/ICT/4694/6/DICR-2019-V3\\_p09-16.pdf](http://elib.ict.nsc.ru/jspui/bitstream/ICT/4694/6/DICR-2019-V3_p09-16.pdf) (дата обращения: 15.05.2022).
6. Об утверждении порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод, их качества. Приказ Минприроды РФ от 8 июля 2009 г. № 205. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573140193> (дата обращения: 15.05.2022).
7. GIS-Lab: NDVI – теория и практика. ГИС Лаборатория. 2016. URL: <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения: 15.05.2022).
8. аледея индексов – ArcGIS Pro Документация. 2021. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/2.7/help/data/imagery/indices-gallery.htm> (дата обращения:15.05.2022).
9. Cab (Leaf Chlorophyll Content) | Sentinel-Hub custom scripts. 2021. URL: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/cab/> (дата обращения: 15.05.2022).
10. Zhang F., Zhou G. Estimation of vegetation water content using hyperspectral vegetation indices: a comparison of crop water indicators in response to water stress treatments for summer maize // BMC Ecology. 2019. URL: <https://bmcecol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12898-019-0233-0> (дата обращения: 15.05.2022).

Original Paper

UDC 622.85:504 © T.V. Korchagina, V.P. Potapov, E.L. Schastlivtsev, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 59-67  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-59-67>

**Title**  
**DIGITAL MONITORING OF THE NATURAL AND MAN-MADE ENVIRONMENT TO ENSURE THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF MINING ENTERPRISES**

**Authors**  
 Korchagina T.V.<sup>1</sup>, Potapov V.P.<sup>2</sup>, Schastlivtsev E.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siberian Mining Institute LLC, OAO KhK "SDS-UGOL", Kemerovo, 653000, Russian Federation

<sup>2</sup> Kemerovo Branch, Federal Research Center for Information and Computational Technologies, Kemerovo, 630090, Russian Federation

ECOLOGY



**Authors Information**

**Korchagina T.V.**, PhD (Engineering), Director,  
e-mail: t.korchagina@sds-ugol.ru

**Potapov V.P.**, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher,  
e-mail: vadimptpv@gmail.com

**Schastlivtsev E.L.**, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Laboratory  
for Modeling Geoecological Systems, e-mail: schastlivtsev@ict.sbras.ru

**Abstract**

The digital shift in geo-environmental monitoring systems leads to a significant increase in the volume of multimodal data from a variety of sources. Their integration is only possible through the creation of dedicated digital platforms that enable the creation of an information space to provide global standards for spatial data processing. Integration of remote and ground-based monitoring methods based on digital mathematical models provides effective processing of large volumes of data, significantly increasing the efficiency of decision-making, as well as a comprehensive assessment of the impact of coal mining enterprise on the condition of natural and man-made environment.

**Keywords**

Digital monitoring, Natural and man-made environment, Environmental safety, Hardware and software suite.

**References**

1. Ustinov V.V., Potapov V.P., Schastlivtsev E.L., Tsarev D.S., Kharlampenkov I.E. & Krisanova A.M. Data computing system of environmental safety of "Sibenergougol" LLC: approaches, methods and models. *Ugol'*, 2018, (3), pp. 84–90. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-3-84-90.
2. On Approval of Rules for designing and operation of automatic system to monitor pollutant emissions and/or pollutant discharges. Decree No. 262 of the Government of the Russian Federation as of March 13, 2019. *Collection of Laws of the Russian Federation*, 2019, (11), Art. 1146. (In Russ.).
3. Potapov V.P., Schastlivtsev E.L., Kharlampenkov I.E. & Bykov A.A. Digital factories for integrated solution of environmental safety tasks of mining operations / Abstracts of the IV International Scientific and Practical Conference "Mining in the XXI Century: Technology, Science, Education", St. Petersburg, October, 26–28, 2021, St. Petersburg, St. Petersburg Mining University, 2021, pp.157. (In Russ.).
4. Potapov V.P., Schastlivtsev E.L., Kupriyanov A.N., Androkhanov V.A. et al. Monitoring, assessment and forecasting of environmental conditions based on ad-

vanced information technologies. Kemerovo, Asia Publ., 2013, 112 p. (In Russ.).

5. Potapov V.P., Shokin Yu.I. & Yurchenko A.V. Digital twins as a technology to create a new generation of environmental monitoring systems of mining complexes / Distributed Information and Computing Resources. Digital Twins and Big Data (DICR-2019). Proceedings of the XVII International Conference, Novosibirsk, December 3–6, 2019, Novosibirsk, Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019, pp. 9–16. Available at: [http://elib.ict.nsc.ru/jspui/bitstream/ICT/4694/6/DICR-2019-V3\\_p09-16.pdf](http://elib.ict.nsc.ru/jspui/bitstream/ICT/4694/6/DICR-2019-V3_p09-16.pdf) (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

6. On approval of the procedure for owners of water bodies and water users to keep records of intake (withdrawal) volumes of water resources from water bodies and the volume of wastewater and/or drainage water discharge, and their quality. Decree No. 205 of the Government of the Russian Federation as of July 8, 2009. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573140193> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

7. GIS-Lab: NDVI – theory and practice. GIS Laboratory. 2016, Available at: <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

8. Index Gallery – ArcGIS Pro Documentation. 2021, Available at: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/2.7/help/data/imagery/indices-gallery.htm> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

9. Cab (Leaf Chlorophyll Content) | Sentinel-Hub custom scripts. 2021, Available at: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/cab/> (accessed 15.05.2022).

10. Zhang F. & Zhou G. Estimation of vegetation water content using hyperspectral vegetation indices: a comparison of crop water indicators in response to water stress treatments for summer maize. *BMC Ecology*, 2019, Available at: <https://bmcecol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12898-019-0233-0> (accessed 15.05.2022).

**For citation**

Korchagina T.V., Potapov V.P. & Schastlivtsev E.L. Digital monitoring of the natural and man-made environment to ensure the environmental safety of mining enterprises. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 59–67. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-59-67.

**Paper info**

Received March 3, 2022

Reviewed April 2, 2022

Accepted May 23, 2022

Оригинальная статья

УДК 622.85:336.64 © О.Б. Шевелева, О.В. Зонова, Е.В. Слесаренко, 2022

# Экологическая безопасность регионов сырьевой ориентации: инвестиционно-инновационный аспект

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-67-73>

*Крупные предприятия добывающей промышленности подходят к осуществлению деятельности все более экологически ответственно, реализуя принципы корпоративной и социальной справедливости, что позволяет в некоторой мере нивелировать проблемы, сопровождающие производственный процесс добычи полезных ископаемых. Однако в силу специфики этого процесса деятельность добывающих производств и на*

**ШЕВЕЛЕВА О.Б.**

Канд. экон. наук, доцент,  
доцент кафедры финансов и кредита  
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: shob.fk@kuzstu.ru.ru

**ЗОНОВА О.В.**

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры финансов и кредита  
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: zov.fk@kuzstu.ru

**СЛЕСАРЕНКО Е.В.**

Канд. экон. наук,  
старший преподаватель  
кафедры финансов и кредита  
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: sev.fk@kuzstu.ru

современном этапе развития сопряжена с формированием значительной экологической нагрузки в регионах сырьевой ориентации. В этой связи немаловажное значение имеет оценка влияния инвестиционно-инновационного фактора в формировании системы экологической безопасности страны и ее регионов. Экологическая безопасность, как важная составляющая экономической безопасности, имеет тесную взаимосвязь с технико-технологическими и инновационно-инвестиционными факторами развития производства, так как именно она может стать ограничителем дальнейшего экономического развития территории и существенно снизить ее инвестиционный потенциал за счет проявления социо-эколого-экономических рисков. В свою очередь инвестиционная активность предприятий способствует разработке и внедрению инноваций, улучшая технико-технологические параметры производства и позволяя повысить уровень экологической безопасности, последовательно доводя его до общепризнанных современных стандартов.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, регион сырьевой ориентации, технико-технологическое развитие, инвестиционно-инновационное развитие, добывающая промышленность.

**Для цитирования:** Шевелева О.Б., Зонova О.В., Слесаренко Е.В. Экологическая безопасность регионов сырьевой ориентации: инвестиционно-инновационный аспект // Уголь. 2022. № 6. С. 67-73. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-67-73.

**ВВЕДЕНИЕ**

Роль предприятий сырьевой ориентации в формировании значительной экологической нагрузки в регионах их присутствия традиционно высока, что обусловлено характером отраслевого производства. Многие организации добывающей промышленности в настоящее время реализуют принципы корпоративной и социальной справедливости и экологичности [1, 2]. Тем не менее и они в силу отраслевой специфики наносят существенный урон окружающей среде, выступая одними из главных «поставщиков» выбросов и сбросов загрязняющих веществ и тем самым ухудшая потребительские качества почвенного покрова земель, водных объектов и атмосферного воздуха на окружающих территориях.

Влияние деятельности шахт и разрезов проявляется крайне разнообразно: нарушение естественных притоков рек, вывод из эксплуатации участков земли, не подлежащих дальнейшему использованию, появление пустот в грунте, засорение почв отходами производства, уменьшение объема плодородных земель и сужение сельскохозяйственных угодий в результате размещения отвалов, высокая химическая нагрузка на жизненно важные компоненты среды обитания.

Модернизация производственных процессов, внедрение современных технологий на промышленных предприятиях позволяют улучшить производственные и финансовые показатели: обеспечить более эффективное и рациональное использование ресурсов, снизить материало-, фондо- и трудоемкость производства, увеличить производительность труда, улучшить финансовые результаты.

Технико-технологический уровень развития предприятий в свою очередь тесно связан с объемами и периодичностью инвестиционных вливаний, инновационной активностью субъектов хозяйствования, выступая источником расширения и обновления производственной базы [3].

В сфере добывающей промышленности технико-технологические нововведения, помимо улучшения экономических показателей, могут проявить свое положительное влияние на экологическую нагрузку, уменьшив уровень негативного воздействия на окружающую среду [4, 5]. Значительное внимание проблемам управления устойчивым разви-

тием территорий с учетом качества окружающей среды уделяется в работах многих современных авторов [6, 7].

На наш взгляд, взаимосвязь между технико-технологической и экологической составляющими развития регионов сырьевой ориентации должна опосредствоваться учетом инвестиционно-инновационного фактора. Инвестиционная активность предприятий добывающей промышленности способствует разработке и внедрению инноваций, улучшая технико-технологические параметры производства и позволяя повысить уровень экологической безопасности.

Современное развитие науки, техники и применяемых технологий предъявляет особые требования к экологической безопасности. В рамках исследования экологическую безопасность мы рассматриваем как важную составляющую экономической безопасности, имеющей тесную взаимосвязь с технико-технологическими и инновационно-инвестиционными факторами развития производства, так как именно она может стать ограничителем дальнейшего экономического развития и значительно снизить инвестиционный потенциал территории за счет проявления социо-эколого-экономических рисков.

*Цель работы* – оценка влияния инвестиционно-инновационного фактора в формировании системы экологической безопасности регионов сырьевой ориентации. В рамках исследования использованы следующие методы: сопоставления, обобщения, индукция, дедукция, компаративный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Несмотря на пристальное внимание к решению проблем в области снижения вредного воздействия на окружающую среду при реализации деятельности добывающей отрасли, этот вид производства характеризуется показателями, отражающими высокую экологическую нагрузку на территориях присутствия, что подтверждается данными федеральной статистики (табл. 1).

Проведенный анализ показал, что в общем объеме отходов производства и потребления в 2020 г. в РФ 93,3% приходится на деятельность добывающих производств. Значительную долю при этом имеют отходы обогащения и отходы извлечения из недр минерального сырья в виде вскрышных и/или вмещающих пород. Лидером по производству отходов экономической деятельности в 2020 г. стал Сибирский федеральный округ (на долю которого пришлось 59,2% от общероссийского показателя [9]), что в значительной мере обусловлено преимущественным развитием в нем отраслей добывающей промышленности.

При росте объемов образования отходов в отраслях добывающего производства за 2017-2020 гг. на 12% наблюдается снижение величины их утилизации и обезвреживания на 1,7%. В итоге доля обезвреженных отходов в общей их величине снизилась на 5,5%, составив в 2020 г. 46,7%.

Выбросы загрязняющих атмосферный воздух веществ от стационарных источников в РФ по виду экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых» составили в 2020 г. 47,3% от общего объема выбросов в стране. Общая величина выбросов снижается за 2017-2020 гг., в то время как по отраслям добычи полезных ископаемых наблюдается рост на 37,3%, что в итоге приводит к увеличению доли этого показателя на 14% в общем результате.

Справедливости ради стоит отметить, что объем обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников добывающего производства за 2017-2020 гг. вырос в 3,4 раза. Таким образом, в 2020 г. 56,7% от общего количества отходящих веществ в атмосферный воздух было уловлено, что на 21,8% больше, чем в 2017 г. Однако, несмотря на это, на долю предприятий добывающей промышленности приходится лишь 20% общего объема обезвреженных веществ, при том, что доля выбросов по этому направлению деятельности составляет 47,3% от общеэкономического показателя.

Таблица 1

### Основные показатели, отражающие воздействие добывающих отраслей промышленности на природные объекты\*

Вид экономической деятельности	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
<b>Образование отходов производства и потребления</b>				
Всего, млн т	6 091,4	7 125,0	7 584,3	6 824,1
Добыча полезных ископаемых, млн т	5 786,2	6 850,5	7 257,0	6 367,3
Доля добывающих производств, %	95,0	96,1	95,7	93,3
<b>Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты</b>				
Всего, млн куб. м	12 373,2	12 047,2	11 628,8	10 948,3
Добыча полезных ископаемых, млн куб. м	832,2	784,5	687,6	500,1
Доля добывающих производств, %	6,7	6,5	5,9	4,6
<b>Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников</b>				
Всего, тыс. т	14 757,9	11 909,6	14 513,2	14 274,6
Добыча полезных ископаемых, тыс. т	4 918,9	4 851,4	4 956,4	6 754,8
Доля добывающих производств, %	33,3	40,7	34,2	47,3

\* Таблицы здесь и далее составлены авторами на основе данных [8].



Таблица 2

**Динамика инвестиций в основной капитал в сфере охраны окружающей среды в разрезе направлений природоохранной деятельности**

Показатели	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Всего инвестиций в основной капитал, млн руб.	154042	157651	175029	195962
Добыча полезных ископаемых, млн руб., в том числе:	47330,1	36418,0	40243,2	31881,0
– охрана воздуха	27227,4	20288,1	15328,9	11495,3
– охрана и рациональное использование водных ресурсов	9712,6	7998,3	11541,4	9578,6
– обращение с отходами	5705,8	3566,8	7231,9	3277,8
– рекультивация земель	2498,8	2312,4	2946,2	2687,1
– другие направления	2185,5	2252,4	3194,8	4842,2
Доля добывающих производств в общей сумме инвестиций, %	30,7	23,1	23,0	16,3

Таблица 3

**Динамика текущих затрат в сфере охраны окружающей среды в разрезе направлений природоохранной деятельности**

Показатели	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Всего текущих затрат, млн руб.	320947	345464	374411	393691
Объем затрат на охрану окружающей среды в ВВП, %	0,35	0,33	0,34	0,37
Добыча полезных ископаемых, млн руб., в том числе:	50217	53000	57037	57931
– охрана атмосферного воздуха	12225	11951	12146	12060
– сбор и очистка сточных вод	17085	17502	17205	17996
– обращение с отходами	11251	13631	16516	17162
– защита земель, поверхностных и подземных вод	8241	8626	9252	8950
Доля добывающих производств в сумме затрат, %	15,6	15,3	15,2	14,7

За 2017-2020 гг. общая сумма инвестиций в основной капитал в сфере охраны окружающей среды возросла на 27,2%, а в области добычи полезных ископаемых сократилась на 32,6%, соответственно уменьшилась и доля – на 14,4%. Максимальная сумма инвестиций в 2020 г. наблюдалась по направлениям, связанным с охраной атмосферного воздуха (36,1%) и водных ресурсов (30%). В 2020 г. по сравнению с 2017 г. зафиксировано резкое снижение суммы инвестиций в охрану воздуха, что вызвало снижение доли данного показателя на 21,5% в общем итоговом результате (табл. 2).

За четыре года общая величина текущих затрат в сфере охраны окружающей среды возросла на 22,7% при росте аналогичного показателя по отраслям добычи полезных ископаемых на 15,4% (табл. 3).

Наибольшие затраты были осуществлены в такие направления природоохранной деятельности, как охрана и рациональное использование водных ресурсов и обращение с отходами. Практически по всем направлениям отмечен рост текущих затрат.

Объем затрат на охрану окружающей среды в абсолютных показателях увеличивался в течение анализируемого периода. Однако динамика показателя «Объем затрат на охрану окружающей среды к ВВП» вскрывает определенные проблемы – в 2018-2019 гг. значение этого показателя было ниже уровня 2017 г. В 2020 г. величина достигла максимального значения за четыре года (0,37%), однако и здесь доля затрат на охрану окружающей среды составляла менее 1% ВВП, что связано с недооценкой значения природоохранной деятельности, в том числе и для экономики в целом [10].

Инновационная активность предприятий является одним из важных показателей оценки уровня их технико-технологической продвинутости (табл. 4).

Затраты на инновационную деятельность организаций в экономике страны за 2017-2020 гг. возросли на 51,9% при сокращении по предприятиям сырьевой ориентации на 34%. В результате доля предприятий добывающих отраслей по этому показателю сократилась на 7,5%, а уровень их инновационной активности снизился до 6,8%.

Таблица 4

**Динамика показателей инновационной активности организаций**

Показатели	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
<b>Затраты на инновационную деятельность организаций</b>				
Всего, млрд руб.	1405,0	1472,8	1954,1	2134,0
Добыча полезных ископаемых, млрд руб.	184,8	156,7	154,7	121,8
<b>Уровень инновационной активности организаций</b>				
Всего, %	14,6	12,8	9,1	10,8
Добыча полезных ископаемых, %	8,9	7,9	6,8	6,8

Таблица 5

**Уровень влияния результатов внедрения инноваций на обеспечение достижения соответствия современным техническим стандартам и правилам**

Показатели	Всего, шт.		Добыча ПИ, шт.	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Уровень влияния:				
– низкий	532	567	11	13
– средний	1277	1268	32	23
– высокий	1245	1308	30	30
– влияние отсутствовало	1872	2101	60	84

Таблица 6

**Доля организаций, осуществлявших экологические инновации, %**

Показатели	Всего		Добыча ПИ	
	2017 г.	2019 г.	2017 г.	2019 г.
Доля организаций, осуществлявших экологические инновации, в общем числе обследованных организаций	1,1	0,6	1,1	0,9
<b>Доля организаций, осуществлявших инновации в процессе производства, в общем числе организаций с экологическими инновациями</b>				
Сокращение материальных затрат	41,8	44,5	38,1	79,2
Сокращение энергозатрат	51,0	54,5	52,4	20,8
Сокращение выброса в атмосферу диоксида углерода	37,3	35,6	38,1	25,0
Замена материалов на безопасные или менее опасные	34,5	33,3	33,3	16,7
Снижение загрязнения окружающей среды	78,4	68,7	76,2	91,7
Осуществление вторичной переработки отходов, воды	43,4	38,9	57,1	11,4

Интересен с позиции оценки инновационной активности предприятий анализ динамики показателя, отражающего степень влияния результатов внедрения инноваций на обеспечение достижения соответствия современным техническим правилам и стандартам (табл. 5).

Так, в 2018 году по предприятиям сырьевой ориентации 56% инноваций не оказали влияния на обеспечение соответствия техническим правилам и стандартам (в целом по экономике этот показатель составил 40%), еще по 8,7% был отмечен низкий уровень влияния. И лишь 20% инноваций оказали существенное влияние.

Проводя сравнительный анализ организаций, осуществляющих экологические инновации (табл. 6), можно отметить, что в 2017 г. их доля в общем числе обследованных по экономике в целом и по добывающим производствам совпала (1,1%), в то время как в 2019 г. наблюдается сокращение и общеэкономического показателя (на 0,5%), и предприятий сырьевой ориентации (на 0,2%).

За период 2017-2019 гг. наблюдается существенный прирост доли организаций добывающей промышленности, осуществлявших инновации в сфере экологической безопасности в процессе производства, по следующим направлениям: сокращение материальных затрат на производство единицы товаров, работ, услуг (+ 41,1%), снижение загрязнения окружающей среды (+15,5%). По остальным направлениям наметилось значительное снижение показателей, зачастую намного превышающее изменение общеэкономических параметров.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование позволило выявить следующие проблемы эколого-инвестиционной деятельности предприятий добывающих производств:

- ухудшение отдельных экологических показателей в течение анализируемого периода: рост отходов производства и потребления, связанных с деятельностью добывающих производств (на долю предприятий добычи полезных ископаемых приходится 93-96% от общей величины отходов производства и потребления в стране); рост выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников (и в итоге увеличение на 14% доли добывающих производств в общей величине выбросов загрязняющих атмосферу веществ);

- противоположные динамики объемов инвестиций в основной капитал в сфере охраны окружающей среды – рост в целом по экономике страны при существенном сокращении в области добычи полезных ископаемых;

- значительное сокращение инвестиций в основной капитал в сфере охраны атмосферного воздуха и обращения с отходами, вопреки тому, что именно эти направления природоохранной деятельности добывающих производств отражают наиболее существенное ухудшение экологических показателей за исследуемый период;

- отставание роста уровня текущих затрат, связанных с охраной окружающей среды в области добычи полезных ископаемых, от увеличения общего уровня текущих затрат по всем направлениям экономической деятельности, несмотря на то, что именно деятельность добывающих производств относится к от-

раслям, формирующим максимальную экологическую нагрузку на близлежащие территории в соответствии со своей спецификой;

- ежегодное сокращение доли добывающих производств как по инвестициям в основной капитал в сфере охраны окружающей среды, так и по текущим затратам в природоохранной деятельности;

- отсутствие высокой корреляционной зависимости, выявленной в ходе проведенного анализа, между объемами средств, направляемых на охрану окружающей среды, и полученных результатов, что характеризует недостаточную эффективность инвестиционных вливаний. Более того, отдельные показатели отражают противоположные динамики объемов инвестиций и показателей, характеризующих положительное воздействие на природные объекты;

- достаточно низкая степень инновационной активности предприятий добывающих производств, их затрат на инновационную деятельность, а также недостаточный уровень влияния результатов внедрения инноваций на обеспечение соответствия современным техническим стандартам и правилам – большая часть инноваций не способствует достижению соответствия производственных условий современным стандартам.

И наконец, по многим направлениям осуществления инноваций в сфере экологической безопасности на предприятиях добывающей промышленности наметилась тенденция снижения, и показатели стали существенно ниже общеэкономических значений.

Несмотря на все вышесказанное, нельзя не отметить наметившуюся в последние годы тенденцию «поворота» крупных предприятий добывающей промышленности к осуществлению деятельности экологически ответственно, реализуя принципы корпоративной и социальной справедливости через призму экологичности, что позволило некоторым образом нивелировать массу проблем, сопровождающих производственный процесс добычи полезных ископаемых.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно Стратегии экологической безопасности РФ на период до 2025 г. достижение ее целей осуществляется путем проведения единой государственной политики, направленной на предотвращение и ликвидацию внутренних и внешних вызовов и угроз экологической безопасности. Стратегия экономической безопасности РФ на период до 2030 г. предусматривает, что одной из основных задач реализации направления, касающегося развития человеческого потенциала, является совершенствование механизмов обеспечения экологической безопасности и сохранения благоприятной окружающей среды.

В связи с этим считаем, что для обеспечения устойчивого развития страны и особенно регионов сырьевой ориентации, а также повышения уровня экологической безопасности крайне важно не допускать:

- сокращения инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды (в том числе по отношению к уровню ВВП);

- снижения инвестиционной привлекательности экологических проектов для частных инвесторов.

Кроме того, считаем целесообразным разорвать «порочный» круг, когда плата за нанесение ущерба окружающей среде является более низкой и обходится предприятиям существенно дешевле, чем обновление основных фондов.

А самое главное – необходимо изменить сам подход к инвестированию: отказаться от идеи исключительно получения дохода и вооружиться идеей ответственного инвестирования, предполагающей выбор объекта инвестиций посредством учета ESG-факторов (Environmental, Social, Corporate Governance), то есть факторов влияния инвестиций на экологию и общество, а также учет оценки политики корпоративного управления получателя инвестиций на соответствие принципам социальной справедливости, экологичности, этичности [11].

Такие понятия, как «устойчивое развитие», «зеленая экономика» прочно вошли в научный оборот, задавая стратегически верную долгосрочную цель развития страны [12]. Однако к основным ограничителям качественного экономического роста, на наш взгляд, можно причислить достаточно высокую консервативность экономического развития, зачастую обусловленную инерционностью технологической и институциональной базы, которая выражается в невозможности адаптации производственных процессов в условиях снижения спроса с той же скоростью, с которой эти процессы адаптируются в условиях роста.

## Список литературы

1. Chaodong Y., Hongjun D., Wen G. Evaluation of Ecological Environmental Quality in a Coal Mining Area by Modelling Approach // Sustainability. 2017. No 9. P. 1-13.
2. Отраслевой рейтинг открытости экологической информации горнодобывающих и металлургических предприятий. Россия, 2021. URL: <https://wwf.ru/what-we-do/green-economy/eco-transparency-rating/ru-2021/> (дата обращения: 15.05.2022).
3. The Role of Investment and Innovation Activities of Coal Mining Enterprises in Increasing the Level of Environmental Safety of Country and Region / O. Sheveleva, E. Slesarenko, N. Kudrevatykh et al. // E3S Web of Conferences. 2020. No 174. 04008.
4. Vambol S., Vambol V., Suchikova Y. Scientific and practical problems of application of ecological safety management systems in technics and technologies. Opole: Publishing House WSZiA, 2017.
5. The relationship of technical-and-technological and ecological components of the mining region development / O.B. Sheveleva, E.V. Slesarenko, V.V. Mishchenko et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. No 315. 052060.
6. Mishra P. Managing Sustainable Development: Concepts, Issues & Challenges. New Delhi, India: AgriTech Publishing, 2019.
7. Харламова Е.В., Шмандий В.М., Ригас Т.Е. Фундаментальные аспекты управления экологической безопасностью в техногенно нагруженном регионе // Экологический вестник Северного Кавказа. 2014. Т. 10. № 3. С. 53–63.
8. Промышленное производство в России. 2021. Статистический сборник. М.: Росстат, 2021. 305 с.



9. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России, 2021. 864 с.
10. Роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства / Н.Г. Гаджиев, С.А. Коваленко, М.Н. Трофимов и др. // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16. № 3. С. 200-214.
11. Кабир Л.С. Социально ответственное инвестирование: тренд или временное явление? // Экономика. Налоги. Право. 2017. № 4. С. 35-41.
12. Порфирьев Б.Н. «Зеленая экономика»: реалии, перспективы и пределы роста // Экономика. Налоги. Право. 2012. № 5. С. 34-42.

## Original Paper

UDC 622.85:336.64 © O.B. Sheveleva, O.V. Zonova, E.V. Slesarenko, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 67-73  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-67-73>

## Title

**ECOLOGICAL SAFETY OF REGIONS WITH RAW MATERIAL ORIENTATION: INVESTMENT AND INNOVATION ASPECT**

## Authors

Sheveleva O.B.<sup>1</sup>, Zonova O.V.<sup>1</sup>, Slesarenko E.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

## Authors Information

**Sheveleva O.B.**, PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Finance and Credit, Candidate of economic science, docent, e-mail: [shob.fk@kuzstu.ru](mailto:shob.fk@kuzstu.ru)

**Zonova O.V.**, PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Finance and Credit, e-mail: [zov.fk@kuzstu.ru](mailto:zov.fk@kuzstu.ru)

**Slesarenko E.V.**, PhD (Economic), Senior Lecturer of the Department of Finance and Credit, e-mail: [sev.fk@kuzstu.ru](mailto:sev.fk@kuzstu.ru)

## Annotation

Large enterprises in the extractive industry are approaching the implementation of activities more and more environmentally responsibly, implementing the principles of corporate and social justice, which allows to some extent leveling a lot of problems that accompany the production process of mining. However, due to the specifics of this process, the activity of extractive industries and at the present stage of development is associated with the formation of a significant environmental burden in the regions of raw material orientation. In this regard, the assessment of the impact of the investment and innovation factor in the formation of the system of environmental safety of the country and its regions is of no small importance. Environmental security, as an important component of economic security, is closely related to technical, technological and innovation-investment factors in the development of production, since it is precisely this that can become a limiter to the further economic development of the territory and significantly reduce its investment potential due to the manifestation of social environmental and economic risks. In turn, the investment activity of enterprises contributes to the development and implementation of innovations, improving the technical and technological parameters of production and allowing to increase the level of environmental safety, consistently bringing it up to generally recognized modern standards.

## Keywords

Environmental safety, Resource orientation region, Technical and technological development, Investment and innovation development, Extractive industry.

## References

1. Chaodong Y., Hongjun D. & Wen G. Evaluation of Ecological Environmental Quality in a Coal Mining Area by Modelling Approach. *Sustainability*, 2017, (9), pp. 1-13. (In Russ.).
2. Industry rating of openness of environmental information of mining and metallurgical enterprises. Russia, 2021: website. Available at: <https://www.fk.ru/what-we-do/green-economy/eco-transparency-rating/ru-2021/> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

[www.fk.ru/what-we-do/green-economy/eco-transparency-rating/ru-2021/](https://www.fk.ru/what-we-do/green-economy/eco-transparency-rating/ru-2021/) (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

3. Sheveleva O., Slesarenko E., Kudrevatykh N. & Kumaneeva M. The Role of Investment and Innovation Activities of Coal Mining Enterprises in Increasing the Level of Environmental Safety of Country and Region. *E3S Web of Conferences*, 2020, (174), 04008.
4. Vambol S., Vambol V. & Suchikova Y. Scientific and practical problems of application of ecological safety management systems in technics and technologies. Opole, Publishing House WSZiA, 2017.
5. Sheveleva O.B., Slesarenko E.V., Mishchenko V.V. & Kiselev A.B. The relationship of technical-and-technological and ecological components of the mining region development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, (315), 052060.
6. Mishra P. *Managing Sustainable Development: Concepts, Issues & Challenges*. New Delhi, India, AgriTech Publishing, 2019.
7. Kharlamova E.V., Shmandiy V.M. & Rigas T.E. Fundamental aspects of environmental safety management in a technogenically loaded region. *Ecological Bulletin of the North Caucasus*, 2014, Vol. 10, (3), pp. 53–63. (In Russ.).
8. Industrial production in Russia. 2021: Stat. Sat. Moscow, Rosstat Publ., 2021, 305 p. (In Russ.).
9. On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2020. State report. Moscow, Ministry of Natural Resources of Russia Publ., 2021, 864 p. (In Russ.).
10. Gadzhiev N.G., Kovalenko S.A., Trofimov M.N. & Gadzhiev A.N. The role and importance of environmental safety in the system of ensuring the economic security of the state. *South of Russia: ecology, development*, 2021, Vol.16, (3), pp. 200-214. (In Russ.).
11. Kabir L.S. Socially responsible investment: a trend or a temporary phenomenon? *Economics. Taxes. Right*, 2017, (4), pp. 35-41. (In Russ.).
12. Porfiriev B.N. Green economy: realities, prospects and growth limits. *Economics. Taxes. Right*, 2012., (5), pp. 34-42. (In Russ.).

## For citation

Sheveleva O.B., Zonova O.V. & Slesarenko E.V. Ecological safety of regions with raw material orientation: investment and innovation aspect. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 67-73. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2022-6-67-73](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-67-73).

## Paper info

Received April 12, 2022

Reviewed April 27, 2022

Accepted May 23, 2022

## ECOLOGY

# Геохимический фон в молодых почвах на рекультивированных участках с использованием отходов углеобогащения\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-74-79>

## СЕМИНА И.С.

Канд. биол. наук, доцент  
кафедры геологии, геодезии  
и безопасности жизнедеятельности  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный  
индустриальный университет»,  
654007, г. Новокузнецк, Россия,  
e-mail: semina.i@mail.ru

## АНДРОХАНОВ В.А.

Доктор биол. наук,  
директор ФГБУН Институт  
почвоведения и агрохимии СО РАН,  
630090, г. Новосибирск, Россия

На основании выполненных исследований выявлены лимитирующие факторы применения отходов углеобогащения (минеральный состав, щелочная реакция среды, плотность, порозность, значительное содержание углерода в субстрате), обуславливающие непригодность данных отходов для формирования верхнего, корнеобитаемого, слоя на техногенных отвалах, особенно продукт флотации «кек». Показаны перспективы и ограничения для использования на техническом и биологическом этапах отходов углеобогащения.

**Ключевые слова:** рекультивация, отходы углеобогащения, отвалы, нарушенные земли, техноземы, эмбриоземы.

**Для цитирования:** Семина И.С., Андроханов В.А. Геохимический фон в молодых почвах на рекультивированных участках с использованием отходов углеобогащения // Уголь. 2022. № 6. С. 74-79. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-74-79.

## ВВЕДЕНИЕ

Россия является одним из крупнейших мировых лидеров по добыче и экспорту угля [1]. Объем добычи угля в России за январь–сентябрь 2021 г. составил 319,8 млн т, в сравнении с 2020 г., за аналогичный период, добыча угля увеличилась на 8,9%. В Кузбассе в январе – сентябре 2021 г. добыча угля увеличилась на 14,74 млн т, или на 9% [1]. При этом на экспорт поставляется прошедший обогащение высококачественный уголь. В результате функционирования горнодобывающего и перерабатывающего производств образуются отходы, которые складываются в отвалы и хвостохранилища и занимают значительные площади в угледобывающих районах. Среди современных проблем вопрос размещения и переработки отходов, образующихся в угледобывающей отрасли, занимает особое положение и является актуальным.

В Кузбассе объемы отходов постоянно увеличиваются, что приводит к изъятию значительных территорий, отчуждаются продуктивные земли, а также уничтожаются ценные почвенные ресурсы, что приводит к ухудшению экологической ситуации в районе ведения горных работ. Особое место занимают углесодержащие отходы после обогащения, спецификой которых, по мнению многих авторов, является высокий энергетический потенциал, и многими специалистами они рассматриваются как ресурс, который возможно использовать по разным направлениям [2]. Общий объем угольных шламов, выпускаемых обогатительными фабриками в Кузбассе, составляет более 10500 тыс. т в год. В настоящее время разработаны некоторые технологии использования отходов углеобогащения. Одна из них заключается в использовании тонкодисперсных отходов углеобогащения для получения на их основе водоугольного топлива (ВУТ). Прин-

\* Исследования выполнены при финансовой поддержке Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-44-420006/20. Полевые исследования выполнялись в рамках экспедиционных работ по плановым заданиям ИПА СО РАН.

цип получения такого топлива позволяет сжигать водоугольную смесь в специализированных котлах с вихревой системой сжигания [2].

Многочисленные геохимические исследования отходов при добыче угля в Кузбассе (вскрышные и вмещающие породы) показывают сравнительно небольшую их токсичность. В результате комплексной оценки токсичности промышленных отходов горнодобывающей промышленности Кузбасса установлено, что во многих случаях концентрация валовых форм токсичных элементов в отходах (ванадия, меди, свинца, никеля, кадмия, цинка и марганца) не превышает нормируемые показатели для основных типов почв, свойственные природно-климатической зоне, однако может фиксироваться большое содержание подвижных форм элементов меди, никеля, цинка, свинца и марганца [3, 4].

В настоящее время накоплен богатый опыт рекультивации отвалов, сложенных фитотоксичными субстратами. Согласно нормативным документам, на поверхности данных отвалов должен быть создан экранирующий и корнеобитаемый слой из биологически пригодного материала [5, 6, 7, 8, 9]. Для снижения подвижности токсичных элементов применяются химические методы рекультивации, позволяющие закрепить токсичные вещества в субстрате отвалов [10, 11]. Ряд авторов предлагают уделить внимание и использованию угля для восстановления нарушенных территорий [12, 13], что также можно рассматривать как предпосылку использования отходов углеобогащения в технологии рекультивации. Часто для ликвидации карьерных выемок и искусственно созданных полостей используются отходы производства, в том числе и отходы углеобогащения. Как отмечалось ранее, отходы углеобогащения могут оказывать существенное влияние на окружающую среду, в связи с этим актуальной задачей является оценка потенциала отходов углеобогащения для использования в целях рекультивации нарушенных земель.

*Цель работы:* исследование геохимического состояния молодых почв, сформированных на рекультивированных участках с использованием отходов углеобогащения.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами изучения являются молодые почвы, сформированные на участках, рекультивированных с использованием отходов углеобогащения (продукт флотации «кек» и порода после углеобогащения). Рекультивированные участки располагаются на территории г. Ленинска-Кузнецкого в западной части Кемеровской области – Кузбасса, практически в центре Кузнецкой котловины.

Сформированные участки рекультивации различаются возрастом после выполнения рекультивационных работ (4-10 лет) и технологией формирования корнеобитаемого слоя. В качестве контрольного варианта был выбран участок с естественными почвами – черноземами выщелоченными. В соответствии с классификацией почв техногенных



Точка 1 – эмбриозем инициальный

ландшафтов [14] участки рекультивации представлены: точка 1 – без нанесения на поверхность отвала ППП и ПСП (эмбриозем инициальный, возраст участка – семь лет); точка 2 – с нанесением на поверхность ППП (технозем литогенный, возраст участка – четыре года); точка 3 – с нанесением на поверхность отвала ППП и ПСП (технозем гумусогенный недифференцированный, возраст участка – восемь лет); точка 4 – с нанесением смеси на поверхность отвала ППП и ПСП (технозем гумусогенный недифференцированный, возраст участка – восемь лет); точка 5 – послойное нанесение на поверхность отвала ППП и ПСП (технозем гумусогенный дифференцированный, возраст участка – десять лет) (см. рисунок).

Разрезы заложены на горизонтальной поверхности в центральной части участка. Контрольный участок – чернозем выщелоченный (точка б) расположен примерно в 10 км от рекультивированных участков.

Образцы отходов углеобогащения и молодых почв техногенных ландшафтов исследовались в аналитических лабораториях АО «Западно-Сибирский испытательный центр», ФГБУН «Институт почвоведения и агрохимии СО РАН», СибГИУ «Центр коллективного пользования».

Для изучения элементного состава использовался метод спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, атомно-абсорбционной спектрометрии, фотометрии (спектрометр Spectr AA 240FS № EL071 23142, спектрометр iCAP 6300 Duo, фотометр фотоэлектрический КФК-3-01-«ЗОМЗ» № 700802, весы лабораторные электронные неавтоматического действия М, ME204 № B839501505); содержание общего углерода в молодых почвах, в сравнении с зональной почвой, определялось с использованием анализатора ELTRA CHS 580. Для определения токсичного (мутagenного) эффекта отходов углеобогащения на молодые почвы использовались методы биотестирования с разными тест-объектами: определение токсичности с использованием в качестве тест-объекта ракообразных *Daphnia magna* Straus и водорослей *Scenedesmus quadricauda* по всему профилю почв [15, 16]. Геоботаническое описание осуществлено маршрутным методом, путем геоботанических описаний на шести пробных площадках.



**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Для оценки геохимического статуса рекультивированных участков и оценки возможного загрязнения исследуемых почв токсичными элементами было проведено исследование содержания подвижных и валовых форм основных тяжелых металлов в почвах, а также основных макроэлементов, оказывающих значительное влияние на свойства почвенно-поглощающего комплекса в поверхностных горизонтах почв.

Проведенные исследования показали, что вещественный состав почв и отходов углеобогащения характеризуется достаточно высоким содержанием углистых частиц, что обуславливает высокие показатели углерода в подстилающих породах, а также тех элементов, которые входят в состав угля и вмещающих пород, извлеченных при обогащении [17]. Выявлено, что содержание токсичных элементов в подвижных формах (кобальт, марганец, медь, никель, свинец, цинк) в исследуемых почвах не превышает нормируемых показателей для зональных типов почв (табл. 1).

Анализ содержания токсичных элементов в валовой форме в молодых почвах (техноземы и эмбриоземы) показывает, что практически все элементы содержатся в концентрациях ниже ПДК, ОДК и не превышают нормируемых показателей для зональных типов почв (табл. 2). Однако отмечается превышение ПДК для валовых форм мышьяка [18, 19].

Следует отметить, что из элементов I класса опасности в почвах по Cd с содержанием (от 0,19 до 0,40 мг/кг), Pb (от 22,1 до 25,4 мг/кг) и по As (от 7,24 до 17,7 мг/кг) во всех техноземах и эмбриоземе отмечено превышение среднего содержания для осадочных пород и кларка в зем-

ной коре [20, 21]. Из элементов III класса опасности наблюдается превышение по V с содержанием от 124,7 до 144,8 мг/кг, что выше среднего содержания для осадочных пород (130 мг/кг) и кларка в земной коре (90 мг/кг). В техноземах (участки 1, 2, 4 и 5) – по Mn с содержанием от 720 до 760 мг/кг, что также выше содержания для осадочных пород (670 мг/кг). Следует отметить, что мышьяк и ртуть являются высокоуглефильными элементами и очень часто имеют повышенные показатели в углях и отходах углеобогащения (см. табл. 2). В углях Кузнецкого бассейна типоморфными элементами являются мышьяк и селен [22, 23, 24, 25, 26, 27, 28], также отмечено накопление таких микроэлементов, как ванадий и свинец [3]. Исследования показали значительное содержание основных макроэлементов кальция и магния как в насыпных горизонтах, так и в подстилающих породах молодых почв, причем наибольшее содержание зафиксировано в точках 2, 3 и 5, что значительно превышает уровень этих элементов в контрольном варианте (см. табл. 1). На участках 1 и 4 содержание Ca и Mg сопоставимо с контрольным вариантом. Повышенное содержание Na, Ca и Mg в рекультивированных почвах может обуславливать повышенную реакцию среды в почвенном профиле и некоторое засоление насыпных горизонтов. При высоком содержании этих элементов могут образовываться карбонаты и гидрокарбонаты, что значительно будет повышать щелочность среды.

Анализ результатов почвенных образцов на рекультивированных участках методом биотестирования показал, что практически во всех почвах по профилю водная вытяжка не оказывает токсического действия на живые ор-

Таблица 1

**Содержание подвижных форм токсичных и химических элементов**

Глубина, см	Металлы мг/кг									
	Cu	Zn	Pb	Mn	Co	Ni	Ca	Mg	Na	C
<b>Точка 1. Эмбриозем инициальный</b>										
0–8	1,534	7,853	1,27	70,9	0,782	0,898	10750	2400	25	16,3
8–20	1,553	6,633	1,935	43,5	1,177	0,936	8150	1900	415	26,5
<b>Точка 2. Технозем литогенный (ППП)</b>										
0–6	0,170	0,594	1,418	65,6	<0,1	<0,1	22000	400	35	1,30
6–12	0,274	0,425	1,110	40,0	<0,1	<0,1	25000	500	100	1,23
12–28	0,328	0,447	1,412	60,6	<0,1	0,114	25000	500	480	2,61
28–45	0,619	3,495	1,831	91,7	0,479	0,719	22500	750	1095	9,10
<b>Точка 3. Технозем недифференцированный (ПСП+ППП)</b>										
0–10	0,153	3,199	1,632	57,7	<0,1	0,231	40500	2250	250	2,86
20–30	0,570	0,716	2,741	96,6	<0,1	0,137	59000	2900	310	2,62
30–40	0,523	0,520	2,305	85,0	<0,1	<0,1	47500	2150	515	5,73
40–50	1,069	3,409	2,807	100,8	0,244	0,484	51500	3000	545	6,45
<b>Точка 4. Технозем недифференцированный гумусогенный (ПСП)</b>										
0–5	0,214	3,312	0,742	11,1	<0,1	<0,1	9250	875	1000	4,88
5–18	0,235	3,455	0,554	16,0	<0,1	<0,1	12650	650	480	3,70
20–30	0,291	8,452	1,304	57,6	<0,1	0,196	29000	1900	950	20,1
<b>Точка 5. Технозем дифференцированный гумусогенный (ПСП+ППП)</b>										
0–11	0,147	1,391	1,540	27,5	<0,1	0,188	22000	3150	165	4,74
20–30	0,637	0,464	2,554	73,7	<0,1	0,307	66500	3167	715	1,10
32–50	0,581	4,965	3,012	98,9	0,668	1,063	36500	3189	895	11,2
<b>Чернозем выщелоченный (контрольная точка 6)</b>										
5–15	0,168	4,066	1,253	14,8	<0,1	<0,1	15500	1500	35	5,88
17–28	0,208	0,476	1,012	18,6	<0,1	<0,1	14800	1750	50	5,74
28–35	0,118	0,351	1,031	11,7	<0,1	0,181	11900	1400	50	2,47
35–50	0,166	0,549	0,933	8,8	<0,1	0,413	10400	1250	65	1,10
ПДК	3,0	23,0	6,0	140	5,0	4,0	–	–	–	–

**Содержание валовых форм токсичных элементов в почвах  
(горизонт D, техноземы и инициальные эмбриоземы, сложенные отходами углеобогащения)**

Глубина, см	Металлы мг/кг										
	V	Cu	Cr	Pb	Ni	Cd	Zn	Hg	Co	Mn	As
<b>Точка 1. Эмбриозем инициальный</b>											
C (0-8)	133,6	<10	48	22,1	24,7	0,31	47,8	0,11	5,6	730	8,28
D (8-20)	144,8	12	51	25,4	28,2	0,40	56,1	0,14	6,1	760	7,24
<b>Точка 2. Технозем литогенный (ППП)</b>											
D (28-45)	136,8	10	44	25,1	24,7	0,28	51,2	0,12	5,4	720	8,73
<b>Точка 3. Технозем недифференцированный (ПСП+ППП)</b>											
III (30-40)	124,7	<10	30	14,7	15,7	0,23	56,8	0,09	4,5	260	17,7
D (40-50)	126,5	<10	32	14,6	14,9	0,19	61,2	0,08	4,8	250	14,8
<b>Точка 4. Технозем недифференцированный гумусогенный (ПСП)</b>											
D (20-30)	143,8	10	46	25,1	26,1	0,36	56,8	0,12	5,9	740	15,1
<b>Точка 5. Технозем дифференцированный гумусогенный (ПСП+ППП)</b>											
D (32-50)	138,1	<10	44	23,4	24,6	0,29	53,1	0,11	5,4	720	8,62
ПДК для почвы с учетом фона, ОДК мг/кг	150,0	33/66/132*	–	32/65/130*	20/40/80*	0,5/1,0/2,0*	55/110/220*	2,1	–	1500,0	2/5/10*
Среднее для осадочных пород (Виноградов, 1962)	130	57	100	20	95	0,03	80	0,4	20	670	6,6
Кларк в земной коре (Виноградов, 1962)	90	47	83	16	58	0,13	83	0,083	18	1000	1,7

\* ОДК (ориентировочно допустимые концентрации) химических веществ для различных групп почв: песчаных и супесчаных, кислых суглинистых и глинистых ( $ph\ KCl < 5,5$ ) и близких к нейтральным и нейтральных ( $ph\ KCl < 5,5$ )

ганизмы. Однако было зафиксировано, что на участке без нанесения на поверхность ППП и ПСП (точка 1 – инициальный эмбриозем) исследуемые образцы оказывают отрицательное биологическое воздействие на живые организмы. В пробе эмбриозема (0–8 см) в течение 96 ч смертность цериодафний в 100%-ном растворе достигла 100%, в 50%-ном растворе – 10%, также в этой почве зафиксировано снижение численности водорослей в 100%-ном растворе – 100%, в 50%-ном растворе – 20%.

Сравнительный анализ накопления токсичных элементов в исследуемых почвах по кларкам концентрации химических элементов относительно кларка в земной коре (по Виноградову) показал, что в некоторых исследуемых техногенных почвах (техноземы и инициальный эмбриозем) по профилю имеются превышения. Существенное превышение содержания элементов (ванадий, кадмий, ртуть) в сравнении с кларком в земной коре зафиксировано в инициальном эмбриоземе (точка 1) (см. рисунок).

Таким образом, проведенные исследования показали возможности использования отходов углеобогащения (порода после углеобогащения) на техническом этапе для формирования выровненного рельефа и устойчивой основы для формирования рекультивированных почв – техноземов. Однако незначительная мощность отсыпки ППП и ПСП (20–30 см) ограничивает набор растительных видов, способных произрастать на таких почвах, что значительно снижает эффективность рекультивационных работ. Малая мощность корнеобитаемого слоя и практически отсутствие экранирующего слоя между отходами углеобогащения ППП и ПСП приводят к подщелачиванию корнеобитаемого слоя, что также отрицательно влияет на развитие биологических и почвообразовательных процессов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Содержание токсичных элементов в подвижных формах (кобальт, марганец, медь, никель, свинец, цинк) в исследуемых почвах не превышает нормируемых показателей для зональных типов почв. Анализ содержания токсичных элементов в валовой форме в молодых почвах (техноземы и эмбриоземы) показывает, что практически все элементы содержатся в концентрациях ниже ПДК, ОДК и не превышают нормируемых показателей для зональных типов почв. Однако отмечается превышение ПДК для валовых форм мышьяка.

2. Сравнительный анализ накопления токсичных элементов в исследуемых почвах по кларкам концентрации химических элементов относительно кларка в земной коре показал, что в некоторых исследуемых техногенных почвах (техноземы и инициальный эмбриозем) по профилю имеются превышения. Величина концентрации кларка во всех исследуемых техногенных почвах больше или меньше 1. Следует отметить, что при величине концентрации кларка меньше 1 воздействие на окружающую среду минимальное [21]. В инициальном эмбриоземе (точка 1) величина концентрации кларка: по V на глубине 0–8 см – 1,48; на глубине 8–20 см – 1,60; по Cd (0–8 см – 2,38; 8–20 см – 3,07); по Hg (0–8 см – 1,33; 8–20 см – 1,68); по As (0–8 см – 4,48; 8–20 см – 4,25). Возможно, высокая концентрация токсичных элементов в исследуемой почве (инициальный эмбриозем) оказала отрицательное биологическое воздействие на живые организмы.

3. В отходах углеобогащения (продукт флотации «кек») большое количество органических загрязнителей, что может быть обусловлено технологическими процессами обогащения полезных ископаемых и использованием при углеобогащении комплексных флотореагентов, содержа-

щих в том числе углеводороды. Для проверки предположения о том, что пробы точки 1 (инициальный эмбриозем, горизонт 0–8 см), содержащие отходы углеобогащения, могут являться источником поступления ПАУ в окружающую среду и оказывать влияние на живые организмы, проводятся дальнейшие исследования, связанные с использованием методик, позволяющих наиболее полно извлечь ПАУ из угольной части данных отходов.

4. В результате проведенных исследований установлена совокупность химических (химический состав), физических (рН, плотность, порозность) и биологических (биотестирование, геоботаническое описание) показателей, обуславливающих непригодность отходов углеобогащения для формирования верхнего, корнеобитаемого, слоя на техногенно нарушенных землях, особенно неблагоприятен продукт флотации «кек».

### Список литературы

1. Таразанов И.Г. Итоги работы Угольной промышленности России за январь – сентябрь 2021 года // Уголь. 2022. № 1. С. 47–58. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-47-58.
2. Разработка, обоснование технологических решений по трансформации органической массы тонкодисперсных отходов углеобогащения / В.И. Мурко, М.В. Темлянец, Ю.А. Литвинов и др. // Научное издание технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2020. № 6. С. 413–418.
3. Содержание токсичных элементов во вскрышных и вмещающих породах месторождений Кемеровской области / Н.В. Журавлева, О.В. Ивановкина, З.Р. Исмагилов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 3. С. 187–196.
4. Журавлева Н.В., Воропаева Т.Н., Ивановкина О.В. Комплексная оценка токсичности промышленных отходов предприятий Кемеровской области // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. № 6-2. С. 86–89.
5. Ruiz F., Perlatti F., Oliveira D.P., Ferreira T.O. Revealing tropical technosols as an alternative for mine reclamation and waste management // Minerals. 2020. No 10. 110.
6. Masciandaro G. Phytoremediation of dredged marine sediment: Monitoring of chemical and biochemical processes contributing to sediment reclamation // Journal of Environmental Management. 2014. No 134. P. 166–174.
7. Santos E.S., Abreu M.M., Macías F. Rehabilitation of mining areas through integrated biotechnological approach: Technosols derived from organic/inorganic wastes and autochthonous plant development // Chemosphere. 2019. No 224. P. 765–775.
8. Kirilov I., Banov M. Reclamation of lands disturbed by mining activities in Bulgaria // Agricultural Science and Technology. 2016. No 8. P. 339–345.
9. Bilibio C., Retz S., Schellert C., Hensel O. Drainage properties of technosols made of municipal solid waste incineration bottom ash and coal combustion residues on potash-tailings piles: A lysimeter study // Journal of Cleaner Production. 2021. No 279. P. 34–42.
10. Ramasamy M., Power C. Evolution of acid mine drainage from a coal waste rock pile reclaimed with a simple soil cover // Hydrology. 2019. No 6. 83.
11. Jacinthe P.-A., Lal R. Spatial variability of soil properties and trace gas fluxes in reclaimed mine land of southeastern Ohio. Geoderma. 2006. 136. No 3–4. P. 598–608.
12. Нечаева Т.В., Соколов Д.А., Соколова Н.А. Оценка поглотительной способности углей различной степени метаморфизации на примере фиксации калия // Вестник Томского государственного университета // Биология. 2018. № 44. С. 6–23.
13. Glaser B., Birk J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio) // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2012. No 82. P. 39–51.
14. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
15. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей. ФР. 1.39.2007.03223. Введ. 17.10.2005. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293842/4293842245.htm> (дата обращения: 15.05.2022).
16. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости цериодафний. ФР. 1.39.2007.03221. Введ. 17.10.2005.: URL <https://meganorm.ru/Index2/1/4293842/4293842244.htm> (дата обращения: 15.05.2022).
17. Семина И.С., Андроханов В.А. Почвенно-экологическое обследование участков рекультивированными отходами углеобогащения, на примере Кемеровской области – Кузбасса // Уголь. 2021. № 7. С. 57–62. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-57-62.
18. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 11 с.
19. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 15 с.
20. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
21. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
22. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна / С.И. Арбузов, В.В. Ершов, Л.П. Рихванов и др. Кемерово, 2000. 245 с.
23. Шпирт М.Я., Рашевский В.В. Микроэлементы горючих ископаемых. М.: Кучково поле, 2010. 384 с.
24. Шпирт М.Я., Пунанова С.А. Особенности микроэлементного состава углей, сланцев и нефтей различных осадочных бассейнов // Химия твердого топлива. 2010. № 4. С. 57–65.
25. Шпирт М.Я., Пунанова С.А. Особенности накопления микроэлементов в углях различных бассейнов России // Химия твердого топлива. 2011. № 3. С. 10–25, 237.
26. Шпирт М.Я., Пунанова С.А. Особенности накопления ртути в нефтях, углях и продуктах их переработки // Химия твердого топлива. 2011. № 5. С. 42–49.
27. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ртуть в углях. Сыктывкар: ИГ Коми научный центр УрО РАН, 2007. 96 с.
28. Влияние режимов работы теплоэлектростанций Чехии на распределение микроэлементов углей и серы при сжигании / З. Клика, Л. Бартонова, Л.Н. Лебедева и др. // Химия твердого топлива. 2003. № 6. С. 49–59.



Original Paper

UDC 622.85:622.882:622.7.002.68:622.33(571.17) © I.S. Semina, V.A. Androkhonov, 2021  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 6, pp. 74-79  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-74-79>

## Title

## GEOCHEMICAL BACKGROUND IN SEMIMATURE SOILS MADE ON RECLAIMED SITES USING COAL WASTE

## Authors

Semina I.S.<sup>1</sup>, Androkhonov V.A.<sup>2</sup><sup>1</sup> Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation<sup>2</sup> Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

## Authors Information

Semina I.S., PhD (Biological), Associate Professor of Geology, geodesy and life protection department, e-mail: [semina.i@mail.ru](mailto:semina.i@mail.ru)

Androkhonov V.A., Doctor of Biological Sciences, Director

## Abstract

The limiting factors for application of coal processing wastes, especially the cake flotation product, i.e. the mineral composition, alkaline reaction of environment, density, porosity, considerable content of carbon in substrate, that make these wastes unsuitable for formation of the upper root layer on the man-made dumps have been revealed based on the results of the performed research. Prospects and limitations for using coal processing wastes in the technical and biological stages are shown.

## Keywords

Reclamation, Coal processing waste, Waste dumps, Disturbed land, Technosol, Embryosol.

## References

- Tarazanov I.G. Russia's coal industry performance for January – September, 2021. *Ugol'*, 2022, (1), pp. 47-58. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-47-58.
- Murko V.I., Temlyantsev M.V., Litvinov Yu.A., Volkov M.A. & Baranova M.P. Development of justification of technological solutions for transformation of organic mass of fine coal processing wastes. *Naukoemkie tehnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov*, 2020, (6), pp. 413-418. (In Russ.).
- Zhuravleva N.V., Ivanykina O.V., Ismagilov Z.R. & Potokina R.R. Content of toxic elements in overburden and host rocks of Kemerovo region deposits. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten*, 2015, (3), pp. 187–196.
- Zhuravleva N.V., Voropaeva T.N. & Ivanykina O.V. Complex assessment of the toxicity of industrial waste of enterprises in the Kemerovo region. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2006, (6-2), pp. 86-89. (In Russ.).
- Ruiz F., Perlatti F., Oliveira D.P. & Ferreira T.O. Revealing tropical technosols as an alternative for mine reclamation and waste management. *Minerals*, 2020, (10), 110.
- Masciandaro G. Phytoremediation of dredged marine sediment: Monitoring of chemical and biochemical processes contributing to sediment reclamation. *Journal of Environmental Management*, 2014, (134), pp. 166-174.
- Santos E.S., Abreu M.M. & Macías F. Rehabilitation of mining areas through integrated biotechnological approach: Technosols derived from organic/inorganic wastes and autochthonous plant development. *Chemosphere*, 2019, (224), pp. 765-775.
- Kirilov I. & Banov M. Reclamation of lands disturbed by mining activities in Bulgaria. *Agricultural Science and Technology*, 2016, (8), pp. 339-345.
- Bilibio C., Retz S., Schellert C. & Hensel O. Drainage properties of technosols made of municipal solid waste incineration bottom ash and coal combustion residues on potash-tailings piles: A lysimeter study. *Journal of Cleaner Production*, 2021, (279), pp. 34-42.
- Ramasamy M. & Power C. Evolution of acid mine drainage from a coal waste rock pile reclaimed with a simple soil cover. *Hydrology*, 2019, (6), 83.
- Jacinthe P-A. & Lal R. Spatial variability of soil properties and trace gas fluxes in reclaimed mine land of southeastern Ohio. *Geoderma*, 2006, (136), pp. 598-608.
- Nechaeva T.V., Sokolov D.A. & Sokolova N.A. Assessment of the absorption properties of coals of various metamorphism degrees as exemplified by potassium fixation. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, Biologiya*, 2018, (44), pp. 6-23. (In Russ.).
- Glaser B. & Birk J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2012, (82), pp. 39-51.
- Kurachev V.M. & Androkhonov V.A. Classification of soils in technogenic landscapes // *Sibirskij ekologicheskij zhurnal*, 2002, (3), pp. 255-261. (In Russ.).
- Methodology for determining the toxicity of waters, aqueous extracts from soils, sewage sludge and waste by changes in chlorophyll fluorescence levels and algal cell numbers. FR. 1.39.2007.03223. Introduced on 17.10.2005. Available at: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293842/4293842245.htm> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).
- Methodology for determining the toxicity of waters, aqueous extracts from soils, sewage sludge and waste by changes in mortality and in fertility of Ceriodaphnia. FR. 1.39.2007.03221. Introduced on 17.10.2005. Available at: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293842/4293842244.htm> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).
- Semina I.S. & Androkhonov V.A. Environmental and soil survey of sites reclaimed using coal processing wastes, as exemplified by the Kemerovo Region, Kuzbass. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 57-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-57-62.
- Approximate permissible concentration (APC) of chemical substances in soil. GN 2.1.7.2511–09 Sanitary-Hygienic Standard. Moscow, Federal Hygienic and Epidemiological Center of Rospotrebnadzor, 2009, 11 p. (In Russ.).
- Maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in soils: GN 2.1.7.2041-06 Sanitary-Hygienic Standard. Moscow, Federal Hygienic and Epidemiological Center of Rospotrebnadzor, 2009, 15 p. (in Russian).
- Vinogradov A.P. Average content of chemical elements in the main types of igneous rocks in the Earth's crust. *Geohimiya*, 1962, (7), pp. 555-571. (In Russ.).
- Solovov A.P., Arkhipov A.Ya., Bugrov V.A. et al. Handbook on geochemical prospecting of minerals. Moscow, Nedra Publ., 1990, 335 p. (In Russ.).
- Arbuzov S.I., Ershov V.V., Rikhvanov L.P. et al. Rare elements in coals of the Kuznetsk Basin. Kemerovo, 2000, 245 p. (In Russ.).
- Shpirt M.Ya. & Rashevsky V.V. Micronutrients of combustible minerals. Moscow, Kuchkovo Pole Publ., 2010, 384 p. (In Russ.).
- Shpirt M.Ya. & Punanova S.A. Specific features of microelement composition of coals, shales and oils from different sedimentary basins. *Himiya tverdogo topliva*, 2010, (4), pp. 57-65. (In Russ.).
- Shpirt M.Ya. & Punanova S.A. Specific features of microelement accumulation in coals from different basins in the Russian Federation. *Himiya tverdogo topliva*, 2011, (3), pp. 10-25, 237. (In Russ.).
- Shpirt M.Ya. & Punanova S.A. Specific features of mercury accumulation in oils, coals and refined products. *Himiya tverdogo topliva*, 2011, (5), pp. 42-49. (In Russ.).
- Yudovich Ya.E. & Ketris M.P. Mercury in coals. Syktyvkar, Institute of Geology, Komi Scientific Centre, Urals Branch of the Russian Academy of Sciences, 2007, 96 p. (In Russ.).
- Klika Z., Bartonova L., Lebedeva L.N., Kost L.A. & Gorlov E.G. Influence of operation modes of thermal power plants in the Czech Republic on distribution of microelements of coals and sulphur during combustion. *Himiya tverdogo topliva*, 2003, (6), pp. 49-59. (In Russ.).

## Acknowledgments

The investigation was financially supported by the Kemerovo Region under Research Project No. 20-44-420006/20. The field studies were carried out during field work according to the planned assignments of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

## For citation

Semina I.S. & Androkhonov V.A. Geochemical background in semimature soils made on reclaimed sites using coal waste. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 74-79. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-74-79.

## Paper info

Received April 12, 2022

Reviewed April 28, 2022

Accepted May 23, 2022

# Рентный аспект циркулярной экономики в угольной промышленности ресурсодобывающего региона.

## 2. Бизнес-модели циркулярной экономики на угледобывающих предприятиях: рентный аспект

(Окончание. Начало см. журнал «Уголь», № 5-2022, с.62-67)

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-80-83>

### ЖЕРНОВ Е.Е.

Канд. экон. наук, доцент,  
заведующий кафедрой экономики  
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: zhee.eti@kuzstu.ru

### ОСОКИНА Н.В.

Доктор экон. наук, профессор,  
профессор кафедры экономики  
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: onv.eti@kuzstu.ru

Проанализированы бизнес-модели циркулярной экономики применительно к угледобывающим предприятиям. Аргументируется вывод, согласно которому в ресурсодобывающих регионах России возможен переход от линейной модели экономики к циркулярной в случае трансформации сложившихся бизнес-моделей угледобывающих компаний. Будучи сформированы с использованием концепта ренты, бизнес-модели по-новому обеспечивают социально-экономическую эффективность работы угольных компаний, необходимую для устойчивого развития ресурсодобывающего региона. Поэтому ренту предлагается рассматривать как базу эффективности циркулярной экономики в сфере российского недропользования и тем самым как основу устойчивого развития экономики страны в целом.

**Ключевые слова:** циркулярная экономика, ресурсодобывающий регион, недропользование, природно-сырьевая рента, угледобывающее предприятие, циркулярная бизнес-модель, наилучшие доступные технологии.

**Для цитирования:** Жернов Е.Е., Осокина Н.В. Рентный аспект циркулярной экономики в угольной промышленности ресурсодобывающего региона. 2. Бизнес-модели циркулярной экономики на угледобывающих предприятиях: рентный аспект // Уголь. 2022. № 6. С. 80-83. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-80-83.

### ВВЕДЕНИЕ

В предыдущей статье авторами был предложен рентный концепт циркулярной экономики (далее – ЦЭ) для угольной промышленности страны. Для ответственного недропользования в практику работы угледобывающих компаний необходимо ввести в их бизнес-модели рентный аспект. Опираясь на опыт стран ЕС, В.А. Кныш и Л.В. Иванова правомерно считают, что «бизнес-модели циркулярного снабжения и восстановления ресурсов принципиально применимы для вовлечения в экономический оборот отходов добычи и обогащения минерального сырья» [1, с. 35].

Рентное налогообложение, элиминирование рентоориентированного поведения участников процесса перехода от линейной модели экономики к циркулярной – обязательные компоненты новой системы взаимоотношений государственных структур, ответственного угольного бизнеса и местного сообщества как представителя населения ресурсодобывающего региона. Циркулярная экономика требует не только новых административных подходов, но и мотивации всех экономических акторов в обновленной системе менеджмен-

та. Следуя новым тенденциям устойчивого развития, переработки отходов, социально и экологически ответственные компании ориентируют свои бизнес-модели на процессы создания общих ценностей для широкого круга заинтересованных сторон. Для этого они преобразуют свои бизнес-модели из традиционных линейных в циркулярные. «Такие бизнес-модели способствуют повышению устойчивости бизнеса в долгосрочной перспективе с учетом экологизации и социализации деятельности и распределения созданной стоимости, понимания последствий принимаемых решений в социальной и экологической сферах и охране окружающей среды» [2, с. 105]. Очевидно, что для практической имплементации в этих бизнес-моделях должен быть учтен рентный аспект.

**РЕНТНЫЙ АСПЕКТ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ: УЧЕТ В БИЗНЕС-МОДЕЛЯХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

С целью раскрыть рентный аспект бизнес-моделирования циркулярной экономики в угольной промышленности предпринята попытка проследить связь рентного/стоимостного аспекта с циркулярными бизнес-моделями угледобывающих предприятий, представленная в таблице.

Из таблицы следует, что согласно первой модели, бизнес, основанный на ЦЭ, может создавать добавленную стоимость на угледобывающих предприятиях, увеличивая ее съем с единицы сырья. Распространенным кейсом (примером) реализации циркулярного подхода в горнодобывающей промышленности является канадская инициатива «На пути к устойчивой добыче полез-

ных ископаемых» [3]. Благодаря ей идентифицировано понятие устойчивого использования невозобновляемых ресурсов и устойчивого освоения добываемых ресурсов. Основой реализации циклического производства определено внедрение новых технологий, включая добычные технологии, а также бережливость по отношению к первичным ресурсам в русле курса на декарбонизацию экономики. В этой модели институт ренты является формой функционирования природных, материальных и трудовых ресурсов наряду с институтом действительного капитала.

По второй модели можно отметить, что сегодня все большее число предприятий горно-обогатительного производства применяют технологии рекультивации отработанных карьеров отходами производства. Эти технологии остро актуальны для Кузбасса, который глава Росприроднадзора назвала большим «генератором отходов» [4]. Горная добыча объективно является производством с высоким уровнем образования отходов в силу характера и масштаба деятельности.

Кейс. «Компания СУЭК реализует масштабные проекты по рекультивации земель, нарушенных горными работами. Начиная добычу полезных ископаемых, мы осторожно удаляем верхний слой почвы и сохраняем его. После завершения горных работ мы закладываем выработанное пространство, восстанавливаем ландшафт и помещаем плодородный слой почвы обратно. Всего за 2020 г. рекультивировано и возвращено в хозяйственный оборот в состоянии, пригодном для дальнейшего использования, 84 гектара нарушенных земель» [5, с. 79].

**Рентный аспект циркулярных бизнес-моделей угледобывающих предприятий**

№	Циркулярная бизнес-модель	Соотнесение с угледобывающими предприятиями	Рентный / Стоимостный аспект
1	Circular suppliers – модель циркулярного снабжения, заменяющая традиционные исходные материалы, полученные из первичных ресурсов, на возобновляемые или восстановленные материалы.	Снижает спрос на добычу угля в долгосрочной перспективе. Подходит в случае использования материалов и энергии, полученных из возобновляемых и неисчерпаемых ресурсов.	Круговые цепочки добавленной стоимости. Съём добавленной стоимости с единицы сырья. Логика получения природно-ресурсной ренты (ПРР): «потребительские свойства» природных ресурсов – «потребительская стоимость» – «стоимость» – «ПРР».
2	Resources recovery – модель восстановления ресурсов, которая перерабатывает отходы во вторичное сырьё, тем самым предотвращая захоронение отходов.	Вытесняет добычу природных ресурсов. Из-за большой отходности недропользования наиболее приемлема для угледобывающих предприятий.	ПРР. Часть ПРР необходимо оставлять у компании-недропользователя для последующего инвестирования в технологии и организацию ЦЭ.
3	Product life extension – модель prolongation срока службы продуктов, позволяющая увеличить период их использования, замедлить поток материалов через экономику.	Снижает интенсивность добычи ресурсов и образования отходов.	ПРР отсутствует, так как модель не применима в сфере добычи полезных ископаемых, обеспечивающей получение не готового продукта, а минерального сырья, подлежащего дальнейшей переработке.
4	Sharing platforms – модель обмена и совместного использования, которая облегчает обмен недостаточно используемыми продуктами.	Может снизить спрос на исходное сырьё. Реализуется при совместной разработке месторождений полезных ископаемых, а также при обмене или аренде специализированного оборудования, необходимого на отдельных этапах добычных, обогатительных и геологоразведочных работ.	Отношенческая рента – сверхприбыль, которая совместно извлекается в результате обмена и которую невозможно получить изолированной деятельностью отдельных фирм.
5	Product as a service – модель обслуживания продуктов (продукт как услуга). Продается доступ к продукту.	Способствует щадящему использованию природных ресурсов.	Информационная рента: решающим становится уровень информированности о продукте (услуге).



Угольная промышленность относится к тем отраслям, которые превращают затраты на выполнение требований по охране окружающей среды в прибыль от предотвращения загрязнений. Применение там циклической технологии рекультивации может обеспечить существенное сокращение выплат за размещение отходов и экономию капитальных затрат на рекультивацию карьеров [6]. В институциональном аспекте можно отметить, что через затраты на рекультивацию земель и платежи за размещение отходов будут отчасти интернализованы внешние эффекты, связанные с воздействием на окружающую среду применяемых технологий.

*Кейс.* Добиться максимального извлечения целевого компонента при минимуме операционных затрат имеет возможность финская публичная компания Outotec (с 2020 г. Metso Outotec). Компания специализируется на предоставлении технологий, оборудования и услуг для горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности.

Как следует из *таблицы*, наибольший коммерческий интерес для угольного бизнеса могут представлять взаимосвязанные четвертая и пятая модели. Согласно модели обмена и совместного использования, повышающего интенсивность эксплуатации угля как товарного продукта, главным является сотрудничество. Оно способствует организации замкнутых цепей поставок, получению достоверной информации о поставщиках, приводит к снижению потенциальных экономических рисков, позволяя разделить затраты между всеми участниками замкнутой цепи. «Снижение потребления ресурсов и, соответственно, спроса на них даст понимание того, что текущая модель экономики не сможет больше поддерживать экономический рост, улучшать благосостояние в долгосрочной перспективе, и компании начнут, в том числе и по собственной инициативе, диверсифицировать свою деятельность и использовать циркулярные бизнес-модели» [7, с. 262]. В общей хозяйственной деятельности институциональные отношения суть отношения сотрудничества, «растратывание ренты от ресурса совместного пользования можно уменьшить посредством коллективного действия, но такого рода меры обходятся дорого и порождают издержки внутреннего управления, которые могут быть оправданы только в том случае, если ограничения на чрезмерную эксплуатацию ресурсов увеличивают объем чистого выпуска» [8, р. 257].

Бизнес-модель «Продукт как услуга» в угольной промышленности может использоваться в сегменте лизинга крупнотоннажных машин, поскольку вместо покупки дорогостоящего продукта потребителю выгоднее приобрести пакет услуг. При этом у производителя появляется возможность одновременно насытить рынок своей продукцией и получить прибыль за счет послепродажного обслуживания, а также обслуживания во время использования продукции [8, р. 263].

*Кейс.* Michelin, один из ведущих мировых производителей шин, добился значительных успехов в адаптации этой модели для создания инновационной программы, в которой клиенты могут арендовать, а не покупать шины. Согласно этой программе, Michelin эффективно продает

«шины как услугу». Клиенты платят за милю. Они не обладают шинами. И им не нужно иметь дело с проблемами прокола или обслуживания любого рода. Приняв модель продукта как услугу, Michelin стимулирует разработку шин более длительного срока использования. И при возвращении изношенных шин компания заинтересована в том, чтобы с помощью разработки дизайнера можно было произвести отдельный выбор материалов из шин и в дальнейшем их можно было перерабатывать в ценные материалы для новых шин или же во что-то совершенно другое [9].

В целом концепцию ЦЭ следует рассматривать как возможность повысить ценность бизнеса. По оценкам ЕС, ЦЭ позволит Европе увеличивать производительность ресурсов до 3% в год [10]. Понимание выгоды ЦЭ поможет лицам, определяющим ресурсную политику, создавать стимулы в производственных цепочках, которые уменьшают негативные внешние эффекты и помогают угледобывающим предприятиям сохранять значительную ценность в течение всего жизненного цикла.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторы данной статьи предприняли попытку показать необходимость оставления части природно-ресурсной ренты у угледобывающей компании для последующего инвестирования в ответственное недропользование, осуществляемое через бизнес-модели циркулярной экономики. Учет рентного фактора будет способствовать выгодному государству, собственникам угольных предприятий и всем заинтересованным сторонам внедрению циркулярных бизнес-моделей.

Включение элементов рентного механизма в циркулярные бизнес-модели для участия конкурентоспособных угольных предприятий в ЦЭ будет способствовать выработке адекватных прогнозов и принятию эффективных управленческих решений по развитию экономики на основе концепций устойчивого развития, ESG и циркулярности.

Требуются дальнейшие фундаментальные и прикладные исследования на основе интеграции теорий ренты, цепочек создания добавленной стоимости и ЦЭ с целью устойчивого развития экономической системы современного общества. Речь идет прежде всего о расширении проблемного поля исследования ЦЭ за счет вопросов формирования, распределения и использования природно-ресурсной ренты, включая бизнес-моделирование. Из ключевых особенностей, присущих циркулярной экономике, напрямую с рентным аспектом связан усиленный контроль запасов природных ресурсов и соблюдения устойчивого баланса возобновляемых и невозобновляемых ресурсов для сохранения и поддержания на неистощимом уровне природного капитала. Рентный механизм налогового администрирования и бизнес-моделирования позволит расширить финансовые возможности государства для создания благоприятных условий ЦЭ в угольной промышленности.

## Список литературы

1. Кныш В.А., Иванова Л.В. Циркулярная экономика: угроза для предприятий горнодобывающего сектора или драйвер их технологического развития? // Горный журнал. 2020. № 9. С. 33-41.

2. Бизнес-модели компаний и устойчивое развитие: монография / Е.М. Каз, И.В. Краковецкая, Е.В. Нехода и др. Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2020. 213 с.
3. Towards Sustainable Mining – The Mining Association of Canada. [Электронный ресурс]. URL: <https://mining.ca/towards-sustainable-mining/> (дата обращения: 15.05.2022).
4. Руководитель Росприроднадзора назвала Кузбасс «генератором отходов». [Электронный ресурс]. URL: <https://sibdepo.ru/news/rukovoditel-rosprirodnadzora-nazvala-kuzbass-generatorom-othodom.html> (дата обращения: 15.05.2022).
5. Интегрированный отчет СУЭК за 2020 год. Устойчивость путем диверсификации. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.suek.ru/upload/iblock/e2f/SUEK\\_AR20\\_RUS.pdf](http://www.suek.ru/upload/iblock/e2f/SUEK_AR20_RUS.pdf) (дата обращения: 15.05.2022).
6. Designing mine tailings for better environmental, social and economic outcomes: a review of alternative approaches / M. Edraki, T. Baumgartl, E. Manlapig et al. // *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 84. P. 411-420.
7. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. 2017. Т. 33. № 2. С. 244-268.
8. Eggertsson T. *Economic Behavior and Institutions*. Cambridge: Cambridge university press, 1990. 400 p.
9. Michelin fleet solution. [Электронный ресурс]. URL: <https://business.michelinman.com/freight-transportation/freight-transportation-services/michelin-fleet-solutions> (дата обращения: 15.05.2022).
10. Circular economy action plan. [Электронный ресурс]. URL: [https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en) (дата обращения: 15.05.2022).

## Original Paper

## ECONOMIC OF MINING

UDC 332.1:502.171 © Zhernov E.E., Osokina N.V., 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 80-83  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-80-83>

## Title

**THE RENT ASPECT OF THE CIRCULAR ECONOMY IN THE COAL INDUSTRY OF A RESOURCES-EXTRACTIVE REGION.  
 2. BUSINESS MODELS OF THE CIRCULAR ECONOMY AT COAL MINING ENTERPRISES: THE RENT ASPECT**

## Authors

Zhernov E.E.<sup>1</sup>, Osokina N.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

## Authors Information

**Zhernov E.E.**, PhD (Economic), Associate Professor, Head of Economics department, e-mail: [zhee.eti@kuzstu.ru](mailto:zhee.eti@kuzstu.ru)

**Osokina N.V.**, DSc (Economic), Professor, Professor of Economics department, e-mail: [onv.eti@kuzstu.ru](mailto:onv.eti@kuzstu.ru)

## Abstract

The article analyzes the business models of the circular economy in relation to coal mining enterprises. The authors argue the conclusion that in the resources-extractive regions of Russia, the transition from a linear model of the economy to a circular one is possible in case of transformation of the existing business models of coal mining companies. It is shown that the business models of the circular economy, coupled with the concept of rent, in a new way ensure the social and economic efficiency of coal enterprises, necessary for the sustainable development of the region. Therefore, rent is proposed to be considered as the basis for the efficiency of the circular economy in the sphere of Russian subsoil use and, thereby, as the foundation for the sustainable development of the country's economy as a whole.

## Keywords

Circular economy, Resources-extractive region, Subsoil use, Natural resource rent, Coal mining enterprise, Circular business model, Best available techniques.

## References

1. Knysh V.A. & Ivanova L.V. Circular economy: A threat or a driver of technological advance in the mining sector? *Gornyi Zhurnal*, 2020, (9), pp. 33-41. (In Russ.).
2. Kaz E.M., Krakovetskaya I.V., Nekhoda E.V. & Redchikova N.A. Business models of companies and sustainable development: monograph / scientific editor E.V. Nekhoda. Tomsk, Tomsk State University Publ., 2020, 213 p. (In Russ.).
3. Towards Sustainable Mining – The Mining Association of Canada. [Electronic resource]. Available at: <https://mining.ca/towards-sustainable-mining/> (accessed 15.05.2022).

4. The head of Rosprirodnadzor called Kuzbass a "waste generator". [Electronic resource]. Available at: <https://sibdepo.ru/news/rukovoditel-rosprirodnadzora-nazvala-kuzbass-generatorom-othodom.html> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

5. SUEK Integrated Report 2020. Resilience through diversification. [Electronic resource]. Available at: [http://www.suek.ru/upload/iblock/e2f/SUEK\\_AR20\\_RUS.pdf](http://www.suek.ru/upload/iblock/e2f/SUEK_AR20_RUS.pdf) (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

6. Edraki M., Baumgartl T., Manlapig E., Bradshaw D., Franks D.M. & Moran C.J. Designing mine tailings for better environmental, social and economic outcomes: a review of alternative approaches. *Journal of Cleaner Production*, 2014, (84), pp. 411-420.

7. Pakhomova N.V., Richter K.K. & Vetrova M.A. Transition to circular economy and closed loop supply chains as driver of sustainable development. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, 2017, 33(2), pp. 244-268. (In Russ.).

8. Eggertsson T. *Economic Behavior and Institutions*. Cambridge, Cambridge university press, 1990, 400 p.

9. Michelin Fleet Solution. [Electronic resource]. Available at: <https://business.michelinman.com/freight-transportation/freight-transportation-services/michelin-fleet-solutions> (accessed 15.05.2022).

10. Circular economy action plan. [Electronic resource]. Available at: [https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en) (accessed 15.05.2022).

## For citation

Zhernov E.E. & Osokina N.V. The rent aspect of the circular economy in the coal industry of a resources-extractive region. 2. Business models of the circular economy at coal mining enterprises: the rent aspect. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 80-83. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-80-83.

## Paper info

Received February 28, 2022

Reviewed April 27, 2022

Accepted May 23, 2022

# Исследование зависимости электропроводности песчано-глинистых пород от нагрузки и температуры в области фазового перехода поровой влаги

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-84-88>

## ВОРОНКОВ И.Н.

Магистр техн. наук,  
директор ТОО "GOLD-WAY",  
100026, г. Караганда, Республика Казахстан,  
e-mail: GoldWayLtd@yandex.kz

## МАЛАХОВ А.А.

Магистр техн. наук,  
главный инженер ТОО "GOLD-WAY",  
100026, г. Караганда, Республика Казахстан,  
e-mail: GoldWayLtd@yandex.kz

## ОЛЕНЮК С.П.

Канд. техн. наук,  
старший преподаватель  
кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия»  
Карагандинского государственного  
технического университета,  
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,  
e-mail: savml@mail.ru

## СИТНИКОВ Д.В.

Генеральный директор  
ТОО «Kazakhstan Coal (Казахмыс Коал)»,  
100015, г. Караганда, Республика Казахстан,  
e-mail: Denis.Sitnikov@kazakhstan.kz

## АБДИКАШЕВ Е.

Магистр техн. наук,  
технический директор  
ТОО «Kazakhstan Coal (Казахмыс Коал)»,  
100015, г. Караганда, Республика Казахстан

В работе представлен комплексный подход к вопросу исследования характера динамики физического состояния песчано-глинистых пород Борлинского каменноугольного месторождения при многофакторном изменении внешних условий. Универсальным показателем влияния внешних и внутренних факторов выбрана характеристика электропроводности пород – электрическое сопротивление. Многократные испытания песчано-глинистых пород при различных значениях внешних и внутренних факторов позволили вывести объединяющие их эмпирические зависимости и установить фактическую точку фазового перехода, отличную от нуля градусов. Полученные результаты могут быть использованы при выполнении геофизических исследований песчано-глинистых горных пород и разработке систем мониторинга изменения их состояния.

**Ключевые слова:** угольное месторождение, вмещающие породы, свойства горных пород, состояние породного массива, поровая влага, электропроводность грунта, испытательный стенд, фазовый переход.

**Для цитирования:** Исследование зависимости электропроводности песчано-глинистых пород от нагрузки и температуры в области фазового перехода поровой влаги / Воронков И.Н., Малахов А.А., Оленюк С.П. и др. // Уголь. 2022. № 6. С. 84-88. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-84-88.

## ВВЕДЕНИЕ

Исследование состояния свойств и состояния горных пород является важной задачей для различных отраслей промышленности, включая строительство и горное производство. При этом актуальность вопроса наблюдения за изменением состояния породного массива обусловлена зависимостью от него технологических, экономических и других параметров связанного с ним производства, что способствует развитию соответствующих методов наблюдения, мониторинга и исследования его состояния [1, 2, 3].

В частности, параметры карьерных откосов и технология обработки Борлинского каменноугольного месторождения, анализ пород которого представлен в данной работе, зависят от прочностных свойств обрабатываемого массива горных пород.



Изменение свойств, целостности и связанности пород во времени предполагает его исследование как динамического процесса, подверженного внешним и внутренним факторам.

### ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ПРИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДАХ ВНУТРИПОРОВОЙ ВЛАГИ

Существует множество факторов, влияющих на изменение свойств пород, слагающих исследуемый массив, среди которых отдельный интерес представляет изменение свойств наиболее подверженных этому песчано-глинистых пород при фазовых переходах внутрипоровой влаги.

Так, при исследованиях механики мерзлых грунтов [4] выявлено, что предел прочности на сжатие мерзлой глины при незначительных фазовых превращениях может измениться на величину свыше 50%. Сами мерзлые глины представляют собой сложную систему частиц, образованную: твердыми минеральными частицами, включениями льда, водой в связанном и жидком состояниях (рис. 1), парами и газами. Между этими составляющими имеется сложная взаимосвязь, зависящая от их свойств и внешних факторов.

К основным внутренним связям глин, находящихся в многофазовом состоянии, относят: молекулярные связи на контактах твердых минеральных частиц, зависящие от расстояния между частицами и площади контактов, обычно растущими с увеличением давления; льдоцементные связи, зависящие от множества факторов: температуры, льдистости, размеров и строения ледяных включений, их ориентации, содержания свободной воды и т.д.

Влияние внешней нагрузки на свойства данных пород обусловлено как увеличением содержания незамерзшей воды, так и возрастанием местного давления в точках контакта минеральных частиц, также имеют место перекристаллизация льда и изменение ориентировки его кристаллов.

Влияние температуры на свойства глин также имеет свои особенности, обусловленные их строением и составом. В отличие от свободной воды, имеющей при нормальном атмосферном давлении температуру замерзания  $0^{\circ}\text{C}$ , поровая вода, находящаяся у поверхности минеральных частиц под действием их силового поля (пленочная вода), будет в среднем иметь температуру замерзания от 0 до  $-2,5^{\circ}\text{C}$  и ниже.

Влияние данных факторов предполагает изменение не только физических, но и электрических свойств исследуемых пород за счет существенного влияния на число и подвижность свободных носителей электрического заряда. Таким образом, динамика переходных процессов может быть оценена по изменению электропроводности или электрического сопротивления пород.

Для этой цели авторами работы были разработаны специализированное устройство и программное обеспечение для лабораторных исследований комплексной зависимости электропроводности (электрического сопротивления) песчано-глинистых пород от температуры и внешней нагрузки.

Устройство представляет собой испытательный стенд, позволяющий выполнять комплексные исследования характера зависимости относительной электропроводности песчано-глинистых и дисперсных горных пород от их уплотнения и температуры за счет непрерывной регистрации данных параметров при поэтапном нагружении образцов пород в различных температурных режимах.

Испытательный стенд состоит из испытательной камеры, уплотняющего винтового механизма, и измерительной электроники (рис. 2). Испытательная камера образована кюветой с прямоугольным основанием 1, в рабочей области которой располагаются две дополнительные подвижные стенки 2 и 3, одна из которых соединяется с винтовым механизмом 4, регулирующим степень уплотнения породы. Вторая, подвижная, стенка передает нагрузку на тензометрический датчик веса 6 для регистрации степени уплотнения.

Также дополнительно в нее встроены датчик температуры 7. Обе стенки оснащены металлическими электродами 5 для пропускания электрического заряда и определения степени электропроводности породы в ее текущем состоянии.

При выполнении комплексных исследований образец породы подвергают постепенному нагружению шаговым поворотом ручки винтового механизма. Нагрузка передается на исследуемый объем породы, а через него на тензодатчик, который представляет собой мостовую схему из тензорезисторов, закрепленных на металлической основе специальной формы. Плечи моста расположены с разных сторон от линии деформации основания. Нагруженное основание деформируется, сжимая и растягивая тензорезисторы, сопротивление которых меняется про-

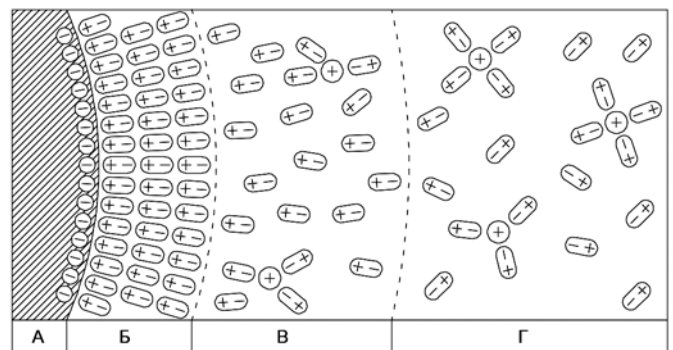


Рис. 1. Схема молекулярного связывания воды с поверхностью минеральной частицы: А – минеральная частица; Б – вода связанная; В – вода рыхлосвязанная; Г – вода свободная

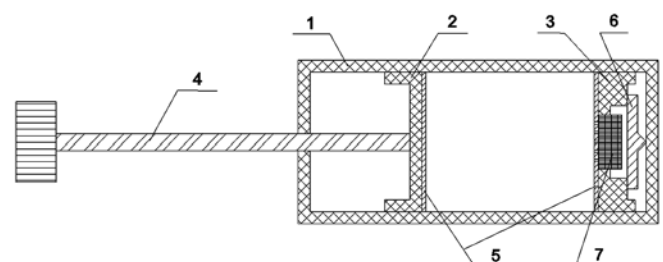


Рис. 2. Схема испытательного стенда для исследования электропроводности

порционально приложенной нагрузке, а мостовая схема их подключения обеспечивает соответствующее изменение напряжения, измеряемого 24-разрядным АЦП на базе модуля HX711. Электрическое сопротивление объема исследуемой породы между металлическими электродами регистрируется 16-разрядным АЦП ADS1115. Температура исследуемой среды измеряется цифровым датчиком повышенной точности.

Непрерывно получаемые данные через контроллер передаются в ПК для дальнейшей обработки в специализированной программе (рис. 3).

При выполнении исследований образец песчано-глинистой породы при естественной влажности помещался в плотно закрытую кювету устройства и многократно подвергался циклическим нагрузкам при охлаждении и постепенном нагревании от  $-10$  до  $+10^{\circ}\text{C}$ . Рабочий интервал температур составил от  $-7$  до  $+7^{\circ}\text{C}$ .

Нагрузка периодически менялась от 0,5 до 5 кгс по мере постепенного нагрева рабочей среды в процессе естественного теплообмена.

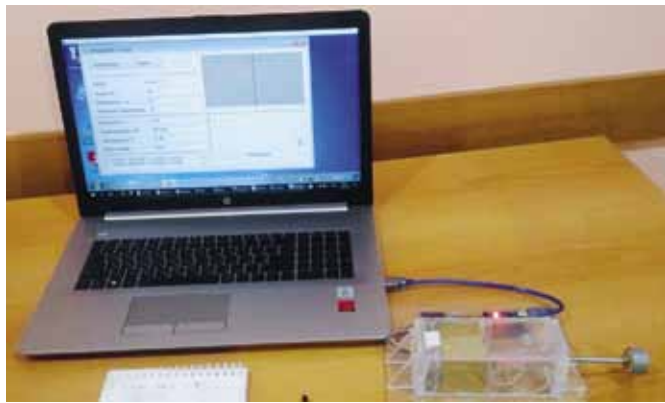


Рис. 3. Выполнение комплексных измерений сопротивления, нагрузки и температуры

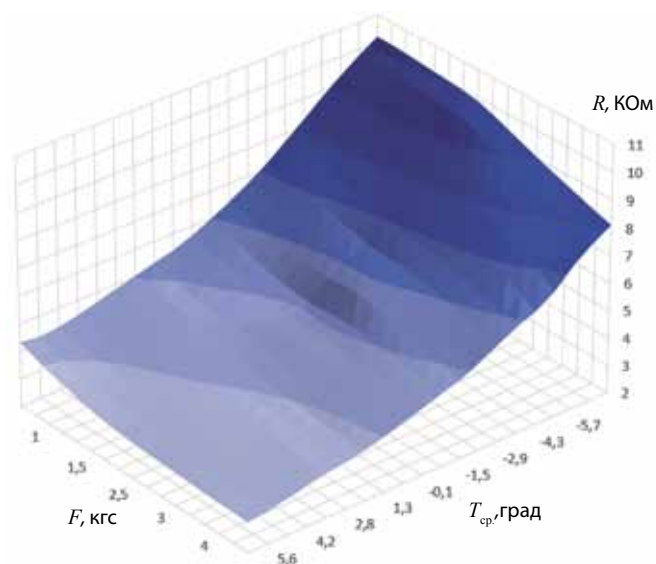


Рис. 4. Зависимость сопротивления породы от приложенной нагрузки и температуры

Таким образом был набран достаточный объем экспериментальных данных для формирования трехмерной зависимости сопротивления исследуемой породы от приложенной нагрузки и температуры (рис. 4), представленной функцией двух переменных  $R = U(F, T)$ .

Первичная статистическая обработка заключалась в усреднении смежных значений, передискретизации данных с заданным шагом для формирования равномерного избыточного распределения значений на всем интервале определения представленной функции.

Как видно из формы зависимости, она представлена поверхностью с небольшим перегибом и неравномерным наклоном в области до и после  $0^{\circ}$

Для детального анализа формы полученной зависимости она была сведена к наборам продольного и поперечного среза данных при постоянных значениях средних температур (рис. 5) и средних нагрузок (рис. 6).

Из представленных зависимостей следует, что при отрицательных температурах имеют место незначительные перегибы графиков, характеризующие как резкий спад электрического сопротивления породы при возрастании нагрузки, так и снижение влияния растущей нагрузки на изменение ее электропроводности. Это, вероятно, обусловлено влиянием льдистых включений, которые способны оказывать сопротивление уплотняющей нагрузке до превышения их предела прочности, а также, разрушаясь, могут перекрывать движение носителей электрического заряда, являясь к тому же диэлектриком. При этом различная температура определяет собственное соотношение количества воды в порах, находящейся в различных фазовых состояниях.

Таким образом, представленные данные говорят о процессе фазового перехода как о постепенном изменении состояния многофазной среды, где в малых пределах не происходит резкого скачка значения электропроводности.

Однако при этом следует отметить различия в характере зависимости сопротивления породы от температуры, расположенной по разные стороны от предполагаемой точки фазового перехода (см. рис. 6).

Как следует из представленных зависимостей (см. рис. 6), форма и наклон графиков на участке от  $-7$  до  $0^{\circ}\text{C}$  заметно круче, чем на участке от  $0$  до  $7^{\circ}\text{C}$ . Это говорит о том, что на данных участках действуют различные законы взаимодействия, связей и математических зависимостей.

Для установления данных законов и определения характерной точки фазового перехода была получена и построена обобщенная зависимость сопротивления породы от средней температуры (рис. 7).

Обобщенная зависимость была условно разделена  $0^{\circ}\text{C}$  на фазу А, содержащую включения льда в поровом пространстве исследуемой породы, и фазу Б, в которой вся влага находится в жидком состоянии. При этом тренды полученных зависимостей описываются следующими уравнениями:

$$\text{Фаза А : } y = -0,0106x^2 - 0,7805x + 4,91,$$

$$\text{Фаза Б : } y = 0,0123x^2 - 0,3243x + 5,1693.$$

Решением системы этих уравнений в области определения от  $-7$  до  $7^{\circ}\text{C}$  является пересечение представленных парабол в точке фазового перехода при  $-0,6^{\circ}\text{C}$ .

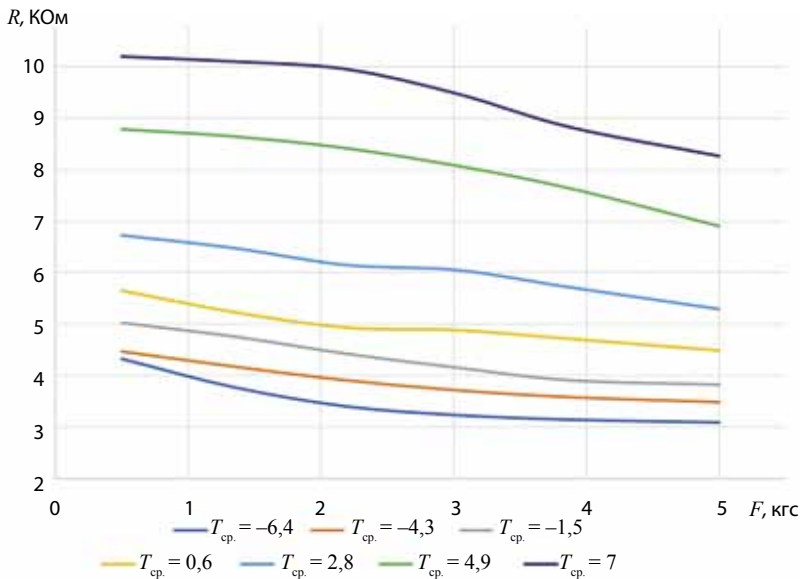


Рис. 5. Зависимость сопротивления от нагрузки при постоянном значении температур

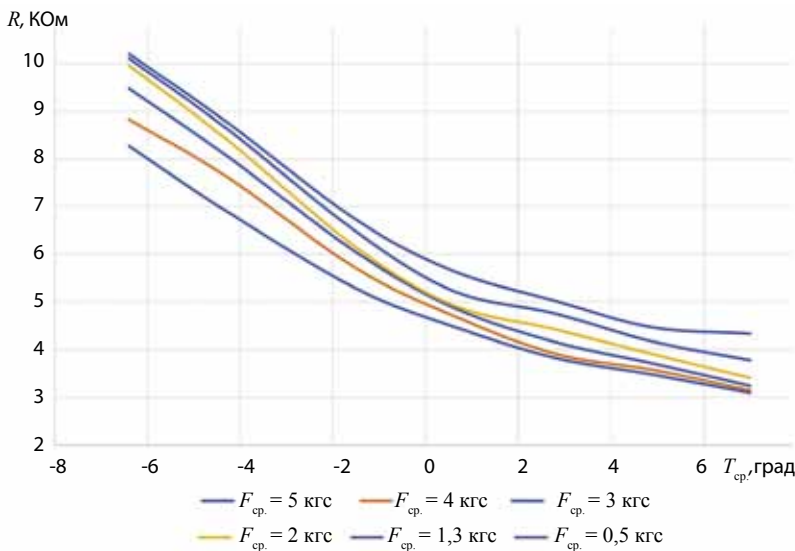


Рис. 6. Зависимость сопротивления от средних температур при постоянных нагрузках

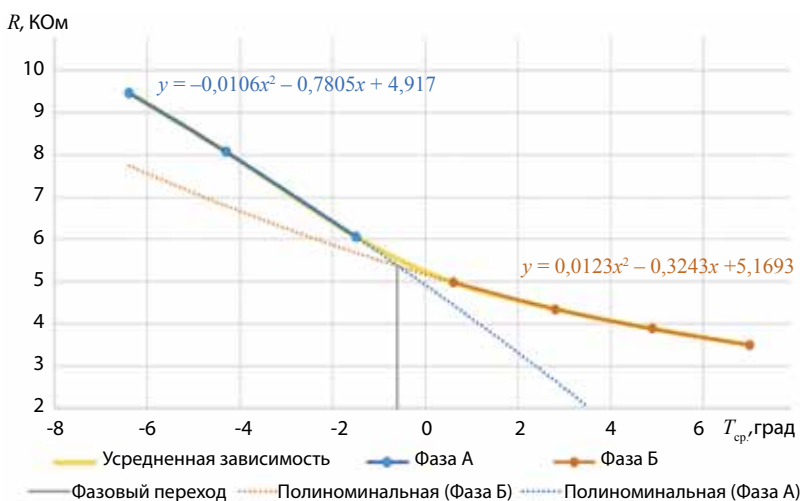


Рис. 7. Обобщенная зависимость сопротивления породы от средней температуры

Таким образом, при температуре породы  $-0,6^{\circ}\text{C}$  в ней происходит фазовый переход, при котором полностью исчезает льдистость в порах, и зависимость электрического сопротивления породы от нагрузки и температуры начинает подчиняться другому закону.

Это следует учитывать при определении характеристик пород косвенным путем, а также при натурном контроле динамики состояния пород в массиве по изменению его электропроводности в процессе геомониторинга в условиях сезонного изменения фазовых состояний при колебании температур.

### ВЫВОДЫ

Полученные результаты согласуются с ранними исследованиями о сложных связях и многофазовом составе строения мерзлых песчано-глинистых пород, образованных системой минеральных частиц, льдистых включений, воды различного вида связанности. Представленное изменение электропроводности пород под растущей механической нагрузкой при константе температуры дало возможность регистрировать динамику свойств и состояния пород по результатам непрерывных измерений.

Также установлено, что характерной точкой фазового перехода, обуславливающей существенное изменение особенности отклика породы на механическое воздействие, является температура  $-0,6^{\circ}\text{C}$ . При указанном переходе, связанном с сезонными явлениями в данном регионе, также меняются выявленные зависимости электрического сопротивления породы от температуры, что необходимо учитывать при косвенном определении состояния данных пород в массиве.

Характеристики и зависимости, полученные для наиболее подверженных внешним факторам песчано-глинистых пород Борлинского каменноугольного месторождения, могут быть использованы при натурном мониторинге динамики их состояния посредством контроля электропроводности и влияющих факторов.

### Список литературы

1. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация (с поправкой). М.: Стандартинформ, 2013.
2. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов. (Общая и прикладная). М.: Высшая школа, 1973. 446 с.
3. Строение двойного электрического слоя в тонкокапиллярных системах // Известия вузов. Геология и разведка. 1976. № 1. С.111-119.



4. Зыков Ю.Д. Геофизические методы исследования криолитозоны. М.: Издательство МГУ, 2007. 272 с.
5. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2016.
6. Шестернев Д.М. Физика, химия и механика мерзлых грунтов: учебное пособие. Чита: Поиск, 2012. 331 с.
7. Вакулин А.А. Основы геокриологии. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2011. 220 с.
8. Шевнин В.А. Бобачев А.А., Баранчук К.И. Лабораторные измерения сопротивления и параметров вызванной поляризации рыхлых грунтов для определения литологического строения разреза // Инженерные изыскания. 2014. № 09-10. С. 53-58.
9. A novel freezing point determination method for oil – contaminated soils based on electrical resistance measurement and its influencing factors / G. Li, J. Zhang, Z. Zhou et al. // *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 721. P. 1-11.
10. Parameterization of soil freezing characteristic curve for unsaturated soils / J. Teng, J. Koub, X. Yanc et al. // *Cold Regions Science and Technology*. 2020. Vol. 170. P. 1-29.
11. Wang Q., Qi J., Wang S. et al. Effect of freeze-thaw on freezing point of a saline loess // *Cold Regions Science and Technology*. 2020. Vol. 170. P. 1-21.
12. Zhou J., Wei C., Lai Y. et al. Application of the generalized Clapeyron equation to freezing point depression and unfrozen water content // *Water Resources Research*. 2018. No 54. P. 9412–9431.
13. Istomin V., Chuvilin E., Bukhanov B. et al. Pore water content in equilibrium with ice or gas hydrate in sediments // *Cold Regions Science and Technology*. 2017. Vol. 137. P. 60-67.

## Original Paper

UDC 550.372: 552.525 © I.N. Voronkov, A.A. Malakhov, S.P. Olenyuk, D.V. Sitnikov, E. Abdikashev, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 84-88  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-84-88>

## Title

**RESEARCH INTO DEPENDENCE OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF SANDY-CLAYEY ROCKS ON LOAD AND TEMPERATURE IN THE PORE MOISTURE PHASE TRANSITION ZONE**

## Authors

Voronkov I.N.<sup>1</sup>, Malakhov A.A.<sup>1</sup>, Olenyuk S.P.<sup>2</sup>, Sitnikov D.V.<sup>3</sup>, Abdikashev E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>GOLD-WAY LLC, Karaganda, 100026, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup>Karaganda state technical university, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan

<sup>3</sup>Kazakhmys Coal LLP, Karaganda, 100015, Republic of Kazakhstan

## Authors Information

**Voronkov I.N.**, Master of Engineering Sciences, Director,  
 e-mail: GoldWayLtd@yandex.kz

**Malakhov A.A.**, Master of Engineering Sciences, Chief Engineer,  
 e-mail: GoldWayLtd@yandex.kz

**Olenyuk S.P.**, PhD (Engineering), Senior Lecturer of the Department  
 "Surveying and Geodesy"

**Sitnikov D.V.**, General Director, e-mail: Denis.Sitnikov@kazakhmys.kz

**Abdikashev E.**, Master of Engineering Sciences, Technical Director,  
 e-mail: Erzhan.Abdikashev@kazakhmys.kz

## Abstract

The paper presents a comprehensive approach to studying the nature of the dynamics in physical state of the sand-clay soils of the Borlinsky coal deposit under the multi-factor change in external conditions. Electrical resistance, i.e. the electrical conductivity of soils, was selected as a universal indicator of the impact of external and internal factors. Multiple tests of sandy and clayey soils under different external and internal factors of various magnitudes allowed to define their unifying empirical dependences and to establish the actual phase transition point which is different from zero degrees. The results obtained can be used in geophysical investigations of sandy and clayey soils, and development of systems for monitoring changes in their condition.

## Keywords

Coal deposit, Host rock, Rock properties, Rock mass condition, Electrical conductivity of soils, Pore water, Test bench, Phase transition.

## References

1. GOST 25100-2011 Soils. Classification (with corrections). Moscow, Standartinform Publ., 2013. (In Russ.).
2. Tsytoich N.A. Mechanics of frozen soils. (General and Applied), Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1973, 446 p. (In Russ.).
3. Structure of the double electrical layer in fine capillary systems. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Geologiya i razvedka*, 1976, (1), pp.111-119. (In Russ.).
4. Zыkov Yu.D. Geophysical methods of studying the cryolithic zone. Moscow, MGU Publ., 2007, 272 p. (In Russ.).

5. GOST 5180-2015 Soils. Methods of laboratory definition of physical properties. Moscow, Standartinform Publ., 2016. (In Russ.).

6. Shesternev D.M. Physics, Chemistry and Mechanics of frozen soils: a textbook. Chita, Poisk Publ., 2012, 331 p. (In Russ.).

7. Vakulin A.A. Fundamentals of Geocryology. Tyumen, Tyumen State University Publ., 2011, 220 p. (In Russ.).

8. Shevnin V.A., Bobachev A.A. & Baranchuk K.I. Laboratory measurements of resistance and induced polarization parameters of loose soils to determine the lithological structure of the cross-section. *Inzhenernyye izyskaniya*, 2014, (09-10), pp. 53-58 (In Russ.).

9. Li G., Zhang J., Zhou Z. et al. A novel freezing point determination method for oil – contaminated soils based on electrical resistance measurement and its influencing factors. *Science of the Total Environment*, 2020, (721), pp. 1-11.

10. Teng J., Koub J., Yanc X. et al. Parameterization of soil freezing characteristic curve for unsaturated soils. *Cold Regions Science and Technology*, 2020, (170), pp. 1-29.

11. Wang Q., Qi J., Wang S. et al. Effect of freeze-thaw on freezing point of a saline loess. *Cold Regions Science and Technology*, 2020, (170), pp. 1-21.

12. Zhou J., Wei C., Lai Y. et al. Application of the generalized Clapeyron equation to freezing point depression and unfrozen water content. *Water Resources Research*, 2018, (54), pp. 9412-9431.

13. Istomin V., Chuvilin E., Bukhanov B. et al. Pore water content in equilibrium with ice or gas hydrate in ediments. *Cold Regions Science and Technology*, 2017, (137), pp. 60-67.

## For citation

Voronkov I.N., Malakhov A.A., Olenyuk S.P., Sitnikov D.V. & Abdikashev E. Research into dependence of electrical conductivity of sandy-clayey rocks on load and temperature in the pore moisture phase transition zone. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 84-88. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-84-88.

## Paper info

Received February 11, 2022

Reviewed April 15, 2022

Accepted May 23, 2022

# ПЯТКИН Александр Михайлович

(12.10.1930 – 16.05.2022)

**16 мая 2022 г. на 92-м году ушел из жизни горный инженер, известный ученый в области развития народнохозяйственного и топливно-энергетического комплексов СССР и Российской Федерации, доктор экономических наук, профессор Александр Михайлович Пяткин.**

Александр Михайлович родился 12 октября 1930 г. в г. Дубовка Волгоградской области. В 1954 г. с отличием окончил Ленинградский горный институт. Работал в научно-исследовательских организациях угольного, топливно-энергетического и экономического профиля в гг. Донецк, Киев, Москва. В 1975 г. он стал заместителем директора по научной работе Всесоюзного научно-исследовательского института комплексных топливно-энергетических проблем при Госплане СССР, а в 1986 г. – заместителем председателя Государственной экспертизы Госплана СССР.



В 1987 г. Александр Михайлович возглавил отдел перспектив экономического и социального развития, а затем – сводный отдел перспективного планирования и экономического анализа, являлся членом Коллегии Госплана СССР. В 1992 г. он стал генеральным директором АО «Интертопэнерго», затем «Экспертпроекта». В период 2000-2016 гг. Александр Михайлович был главным научным сотрудником института «ЦНИЭИуголь», являлся постоянным членом докторского диссертационного совета.

Наряду с основной работой Александр Михайлович занимался преподавательской деятельностью, в том числе в Академии народного хозяйства при Совете Министров СССР, участвовал в работе многих постоянно действующих государственных и научных комиссий по проблемам развития угольной промышленности и энергетики СССР и России, являлся членом Консультативной группы при президенте АН СССР по разработке долгосрочных перспектив развития энергетики страны, входил в состав Научного совета АН СССР по комплексным проблемам энергетики и т.д. Александр Михайлович был членом секции экономики Комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР в области науки и техники при Совете Министров СССР, участвовал в работе секции экономики ЕЭК ООН и ряда международных энергетических конгрессов.

А.М. Пяткин внес существенный вклад в науку и практику в области макро- и микроэкономики, что нашло свое отражение в более чем 150 научных публикациях по актуальным проблемам оптимизации решений в проектировании, планировании и управлении в топливно-энергетическом комплексе и угольной промышленности. Он неоднократно возглавлял или непосредственно участвовал в государственных экспертизах крупнейших программ и проектов развития народнохозяйственных и топливно-энергетических

комплексов СССР и Российской Федерации, включая: «Генеральную схему развития и размещения производительных сил СССР на период до 2005 года», «Энергетическую стратегию России на период до 2020 года» и многие другие.

Александр Михайлович активно участвовал в разработке различных программ социально-экономического развития угольной промышленности России, являлся научным редактором-консультантом (по направлениям горная экономика, планирование и организация производства). Он был и одним из самых активных авторов статей в журнале «Уголь».

За большой личный вклад в развитие отечественного горного дела и топливно-энергетического комплекса страны Александр Михайлович Пяткин награжден многими государственными и ведомственными наградами, орденами и медалями: Почетной Грамотой Президиума Верховного Совета РСФСР, орденом «Знак почета», золотым знаком «Горняк России» и др.

Александр Михайлович прожил долгую и счастливую жизнь, оставив после себя целую плеяду учеников, многие из которых стали кандидатами и докторами наук под его непосредственным руководством, развивая его научные идеи. Он навсегда останется в нашей памяти как мудрый, неординарный и талантливый человек, преданный горному делу и бесконечно верный своему профессиональному долгу.

**Горная научно-техническая общественность России вместе с коллегами по работе в угольной промышленности СССР и институте ЦНИЭИуголь, редколлегия и редакция журнала «Уголь» глубоко скорбят в связи с уходом из жизни Александра Михайловича Пяткина и выражают самые искренние соболезнования и сочувствие его родным и близким. Вечная память этому светлomu и доброму человеку!**

# Наш журнал есть в **App Store** и **Google Play**

