

# **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

**ТРУДЫ**

**ТОМ 89**



Министерство индустрии и инфраструктурного развития  
Республики Казахстан  
РГП «Национальный центр по комплексной  
переработке минерального сырья Республики Казахстан»  
Филиал «Институт горного дела им. Д.А. Кунаева»

## **МАТЕРИАЛЫ**

круглого стола «Геомеханическое обоснование -  
основа эффективной и безопасной отработки  
месторождений полезных ископаемых»,  
посвященного 95-летию профессора,  
доктора технических наук  
**Чабдаровой Юлии Ивановны**  
13-14 сентября 2019 года

## **ТРУДЫ**

**том 89**

**Алматы, 2019**

УДК 622.1/.2(063)

ББК 33.1

Н 34

**Редакционная  
коллегия:**

Д-р техн. наук, проф., академик НАН РК Буктуков Н.С. – председатель  
Д-р техн. наук Шамганова Л.С. – заместитель председателя  
Машатаева Г.А.- ответственный секретарь

**Члены  
редколлегии:**

Д-р техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК Галиев С.Ж., д-р техн. наук, проф.,  
академик МАИАН - Лисенков А.А., д-р техн. наук Едыгенов Е.К., д-р техн. наук,  
проф. Жалгасулы Н., д-р техн. наук Метакса Г.П., д-р техн. наук Орынгожин  
Е.С., к-т техн. наук Волков А.П., к-т техн. наук Бекбергенов Д.К., к-т техн. наук  
Когут А.В., к-т техн. наук Адылханова Ж.А., Махонин В.Е., Утешев Е.

**Рецензент:** академик НАН РК, доктор технических наук, профессор Б.Р. Ракишев,  
канд. техн. наук Рысбеков К.В.

Н.34 Научно-техническое обеспечение горного производства:

Труды Института горного дела им. Д.А. Кунаева: Том 89/

Под общей редакцией: д-ра техн. наук, профессора Н.С. Буктукова. - Алматы, 2019 г.  
Т.89. -346 с.

ISBN 978-601-7093-41-9

Данный том посвящен 95-летию Юлии Ивановны Чабдаровой. Доклады представлены учеными Беларуси, России, Кыргызстана, Казахстана.

В сборнике представлены доклады по актуальным вопросам горного производства, в том числе относящимся к основным разделам горной науки: геомеханики, геотехнологии, геотехники, геоинформатики, геоэкологии, комплексного освоения минерального сырья, а также проблемам добычи руд с учетом экологических факторов.

В докладах рассматриваются основные актуальные направления научных исследований в области геомеханики на современном этапе развития горнодобывающей отрасли: методы геомеханического мониторинга состояния устойчивости, а также обоснования параметров эффективной и безопасной отработки, применение цифровых технологий для повышения безопасности горных работ. Несколько работ посвящены вопросам устойчивости и напряженно – деформированного состояния массивов горных пород.

Материалы сборника включают результаты работ, выполненных в НИИ и вузах, на горных предприятиях, представляющих различные регионы Казахстана, Российской Федерации, Беларуси, Кыргызстана. Среди них ученые и специалисты из Института горного дела им. Д.А. Кунаева, Национальной академии наук Беларуси (Белорусии г. Минск), Институт проблем комплексного освоения недр РАН (Россия, г. Москва), Института горного дела УрО РАН (Россия, г. Екатеринбург), ГИ УрО РАН (Россия, г. Пермь), ТОО «Корпорация Казахмыс», ТОО «Новатест Казахстан», АО «Национальная компания «Казахстан инжиниринг», КазННТУ им. К.И. Сатпаева, ДТОО «Институт ионосферы» и др.

УДК 622.1/.2(063)

ББК 33.1

Сборник рекомендован к опубликованию решением Ученого совета  
ИГД им. Д. А. Кунаева, протокол №2 от 05 июня 2019г.

© ИГД им. Д. А. Кунаева  
филиал РГП «НЦ КИМС РК», 2019

**Посвящается 95-летию  
профессора, доктора  
технических наук  
Чабдаровой Юлии  
Ивановны**





**Доктор технических наук, профессор**  
**Чабдарова Юлия Ивановна**

## **К 95-летию со дня рождения Чабдаровой Ю.И.**

13 сентября 2019 г исполнилось бы 95 лет Юлии Ивановне Чабдаровой, главному научному сотруднику ИГД им. Д.А. Кунаева, профессору, доктору технических наук, видному специалисту в области управления горным давлением массива горных пород.

Юлия Ивановна родилась 13 сентября 1924 года в с. Волчиха Алтайского края. После школы Юлия Ивановна поступила в Казахский горно-металлургический институт. С 1949 года трудовая и научная деятельность Ю.И. Чабдаровой неразрывно связана с Институтом горного дела им Д.А. Кунаева, где она прошла путь от младшего научного сотрудника до профессора.

Ю.И. Чабдарова внесла огромный вклад в развитие и становление горного дела Казахстана. Доктор технических наук, профессор Чабдарова Юлия Ивановна – видный ученый в области геомеханических процессов при отработке рудных месторождений, исследовательские труды которой получили широкое признание со стороны ученых Казахстана и СССР, крупный горный специалист, блестящий педагог и пропагандист знаний.

В начале творческого пути Юлия Ивановна принимает активное участие в исследованиях процесса сдвижения обрушенных масс, выпуска руды при системе этажного принудительного обрушения на Текелийском руднике. Вся проделанная ею работа стала основой кандидатской диссертации на тему «Оптимальный режим выпуска руды при системе этажного обрушения (в условиях рудника Текели)», которая успешно защищена ею в 1958 году.

С 1960 года Ю.И. Чабдарова становится старшим научным сотрудником лаборатории горного давления, где ею разрабатывается методика проведения экспериментальных работ в лабораторных и шахтных условиях.

Проведенные широкомасштабные экспериментальные работы на шахтах Жезказгана под ее руководством и при непосредственном участии позволили получить обширную информацию о физико-механических свойствах руд и пород, природном поле напряжений, напряженно-деформированном состоянии конструктивных элементов камерно-столбовой и камерной системы с твердеющей закладкой, установить предельные пролеты очистных камер и рациональные параметры элементов системы разработки.

Ю.И. Чабдарова является автором гипотезы о первоначальном тектоническом поле напряжений в скальных породах. Ею экспериментально установлено наличие больших горизонтальных напряжений в нетронутым массиве горных пород, их геомеханический характер и связь с трещиноватостью массива и складчатой структурой Жезказганского месторождения. Эти особенности природного поля

напряжении, являясь открытием позволили объяснить различные формы проявления горного давления в подготовительных и очистных выработках, в том числе горные удары и их возможную локализацию.

На базе установленных закономерностей геомеханических процессов Ю.И. Чабдаровой разработаны методические основы расчета целиков при камерно-столбовой системе разработки. Результаты выполненных исследований за 1960- 1983 гг. были обобщены Ю.И. Чабдаровой в докторской диссертации «Научные основы управления горным давлением при разработке рудных месторождений в условиях слабовыраженной складчатости», которую она успешно защитила в 1985 году в Ленинградском горном институте им. Г.В. Плеханова.

В этот период при участии Чабдаровой Ю.И. в лаборатории горного давления развиваются новые научные направления в области механики твердого деформированного тела, горных ударов, природного поля напряжений и его влияния на способы и порядок отработки залежей на рудниках Жезказганского, Текелийского, Донского, Соколовско-Сарбайского, Атаусуйского комбинатов и Джездинском рудоуправлении.

Лаборатория, возглавляемая Ю.И. Чабдаровой, продолжила работы по созданию школы геомехаников, основоположником которой был член-корреспондент АН Каз. ССР Мусин А.Ч. Благодаря достигнутым результатам исследований и активному участию в различных международных конгрессах и конференциях, школа геомехаников Института получила широкую известность в Казахстане и за его пределами.

На основе результатов многолетних исследований ею в соавторстве с коллегами в 1983-2014 годах разработаны и утверждены более 12 нормативно-методических документов, действующих в настоящее время на всех подземных рудниках, которые являются повседневным рабочим пособием инженеров- практиков, проектировщиков и ученых, решающих актуальные вопросы при эксплуатации Жезказганского месторождения.

Ю.И. Чабдарова внесла значительный вклад в развитие технической элиты Казахстана. Под ее руководством подготовлено 8 кандидатов наук и 1 доктор технических наук. В 1991 году Ю.И. Чабдаровой присвоено звание профессора. Она была членом Регионального ученого совета Средней Азии и Казахстана (г. Бишкек).

Результаты исследований Ю.И. Чабдаровой опубликованы более чем в 180 научных трудах, в том числе в 3 монографиях, 5 авторских свидетельствах, монографических сборниках Института и статьях за рубежом.

Заслуги Ю.И. Чабдаровой высоко оценены научной общественностью и отмечены правительственными наградами: медалью «За трудовую доблесть», «Ветеран труда». Она награждена нагрудным знаком Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан «Кенші даңқы» всех трех степеней, а также «Құрметті кенші».

За заслуги перед государством, активную общественную деятельность, значительный вклад в социально-экономическое и культурное развитие страны, укрепление дружбы и сотрудничества между народами Указом Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева в 2004 г. Н.А. Чабдарова Ю.И. награждена Почетной грамотой Республики Казахстан.

Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан по результатам конкурса присудила премию имени академика Шахмардана Есенова 2007 года Ю.И. Чабдаровой (в составе авторского коллектива) за работу «Развитие методологического обеспечения геомеханики и геоинформационных технологий в области горного дела».

В настоящее время созданная ею школа геомехаников продолжает начатое ее дело и развивает исследования в новых перспективных направлениях.





## Уважаемые участники Круглого стола!

От имени Комитета индустриального развития Министерства индустрии и инфраструктурного развития республики Казахстан приветствую участников и гостей Круглого стола **«Геомеханическое обоснование - основа эффективной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых»**, посвященного 95-летию профессора, доктора технических наук **Чабдаровой Юлии Ивановны**.

Юлия Ивановна всю свою жизнь посвятила горной науке, до конца своих дней занималась исследованиями по безопасной и эффективной отработке уникального Жезказганского медного бассейна. Ею экспериментально установлено наличие больших горизонтальных напряжений в нетронутом массиве горных пород, их геомеханический характер и связь с трещиноватостью массива и складчатой структурой Жезказганского месторождения. Именно она впервые выдвинула гипотезу о первоначальном тектоническом поле напряжений в скальных породах.

Профессор Чабдарова Ю.И. взрастила не одно поколение учеников, она всегда охотно делилась своими знаниями с окружающими, была требовательна, но справедлива.

И сегодня Круглый стол посвящен одному из актуальнейших направлений горного дела, которым занималась Юлия Ивановна, - вопросам устойчивого состояния горных конструкций при отработке месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способами, что позволяет эффективно и безопасно отрабатывать горные массивы в сложных горнотехнических условиях. Промышленная безопасность – это залог успешного и долгосрочного ведения горных работ.

В работе круглого стола принимают участие представители науки и производства горной отрасли из Республики Беларусь, России, Кыргызской Республики и Казахстана, ученики и коллеги Юлии Ивановны. Их работы посвящены исследованиям в области геомеханики на современном этапе развития горнодобывающей отрасли: методам геомеханического мониторинга состояния устойчивости, а также обоснованию параметров эффективной и безопасной отработки; применению цифровых технологий для повышения безопасности горных работ, устойчивости и напряженно-деформированному состоянию массивов горных пород.

Я уверен, что Круглый стол **«Геомеханическое обоснование - основа эффективной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых»** пройдет на высоком профессиональном уровне, станет важной вехой в укреплении сотрудничества государств по вопросам горного дела.

Всем участникам Круглого стола желаю творческих успехов, перспективных проектов и процветания!

Председатель Комитета индустриального  
развития и промышленной  
безопасности МИИР РК

К.К. Баитов



## Уважаемые участники Круглого стола!

Республика Казахстан располагает мощнейшей минерально-сырьевой базой и является одной из крупнейших горнодобывающих стран мира. Освоение богатых природных ресурсов входит в перечень важнейших приоритетов долгосрочной стратегии Республики Казахстан.

Горно-металлургический комплекс является одним из базовых секторов промышленности Казахстана. На его долю приходится половина основных фондов и треть трудовых ресурсов республики. В общем объеме экспорта республики горно-металлургический комплекс достигает 35%, а предприятия комплекса осуществляют поставки металлопродукции более чем в 30 стран мира.

В рамках проводимого Круглого стола «Геомеханическое обоснование - основа эффективной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых» необходимо широко обсудить все имеющиеся проблемы развития геомеханики в Казахстане, учесть имеющийся международный опыт в данной области и выработать качественные решения.

Данный Круглый стол посвящен памяти выдающегося ученого-геомеханика Казахстана, одного из основоположников данного направления в нашей республике - доктора технических наук, профессора, полного кавалера ордена «Кенші даңқы», Почетного научного сотрудника Института горного дела им. Д.А. Кунаева Чабдаровой Юлии Ивановны.

В этом году ей исполнилось бы 95 лет. Практически 70 лет своей жизни Юлия Ивановна служила науке. Много ее исследований посвящены Жезказганскому месторождению. Проведенные под ее руководством и при непосредственном участии широкомасштабные экспериментальные работы на шахтах Жезказгана позволили получить обширную информацию о физико-механических свойствах руд и пород, природном поле напряжений, напряженно-деформированном состоянии конструктивных элементов камерно-столбовой и камерной системы с твердеющей закладкой, установить предельные и устойчивые пролеты очистных камер и рациональные параметры элементов системы разработки.

Уважаемые участники, позвольте выразить надежду, что Круглый стол «Геомеханическое обоснование - основа эффективной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых», посвященный 95-летию Чабдаровой Ю.И. пройдет с максимальной результативностью, послужит дальнейшему и конструктивному продвижению науки в производство, сумеет консолидировать научно-технический потенциал горнодобывающего сектора промышленности Республики Казахстан.

Больших творческих успехов и удачи Вам во всех Ваших начинаниях!

Первый заместитель  
Председателя ФПРК

Н.К. Абдибеков



### Уважаемые участники Круглого стола!

От имени Национального Центра по комплексной переработке минерального сырья РК приветствую спикеров и участников Круглого стола «Геомеханическое обоснование - основа эффективной и безопасной **отработки месторождений полезных ископаемых**», посвященного 95-летию профессора, доктора технических наук **Чабдаровой Юлии Ивановны**.

Юлия Ивановна Чабдарова внесла большой вклад в развитие геомеханики и комплексно подходила к вопросам исследования напряженно-деформированного состояния горного массива: начиная с проведения натурных экспериментов, моделирования и завершая работу внедрением и выпуском нормативного документа. Основными итоговыми документами исследований группы геомехаников под руководством Чабдаровой Ю.И.

являются «Временная инструкция по расчету целиков при камерно-столбовой системе разработки с барьерными целиками для пологопадающих и наклонных залежей Джезказганского месторождения» (1984 г) и «Временная инструкция по расчету целиков для пологопадающих залежей на глубине более 400 м и наклонных залежей Жезказганского месторождения» (1998 г). Позже были разработаны и внедрены нормативные документы по отработке маломощных и наклонных залежей, по расчету влияния сейсмичности взрыва на устойчивость и др. Все эти нормативные документы являются и сегодня базовыми при проектировании отработки Жезказганского месторождения.

В настоящее время вопросы устойчивого состояния горных конструкций при подземной и открытой разработке месторождений являются весьма актуальными, т.к. отработка переходит на более глубокие горизонты и ведется в более сложных условиях. Новые геомеханические подходы с использованием цифровых технологий обеспечивают повышение эффективности и безопасности отработки месторождений полезных ископаемых.

Тематика докладов участников круглого стола обширна, охватывает вопросы от расчета устойчивости бортов карьера до автоматизированных систем геомониторинга. Ученые и представители производства представят свои методы исследований и внедрений на предприятиях горной отрасли Казахстана, Белоруссии, России и Кыргызстана.

Всем участникам Круглого стола желаю плодотворной работы!

Генеральный директор НЦ КПМС,  
академик НАН РК

А.А. Жарменов



Уважаемые коллеги, друзья, родственники и близкие Юлии Ивановны, позвольте поприветствовать вас на данном Круглом столе, посвященном 95-летию одной из выдающихся женщин Казахстана, большого учёного, Почётного научного сотрудника Института горного дела им.Д.А.Кунаева и замечательного человека. Полагаю, что проведение Круглого стола, это не столько дань уважения к заслуженному человеку, не желание коллег ещё раз напомнить всем нам, что такой человек жил, работал и творил на этой земле, а это больше напоминание нам всем о том, как нужно жить, трудиться на научном поприще и относиться к своим коллегам, близким, к своим ученикам.

Говорят, что хорошему человеку не завидуют и его не ревнуют. Думаю, что среди всех коллег, где-либо проживавших и проживающих, и когда-либо встречавшихся с Юлией Ивановной по жизни или по работе, не найдётся ни одного человека, кто бы завидовал Юлии Ивановне в чём-то или ревновал её к успехам или к чему-либо. Наверное, это потому, что жизненные принципы Юлии Ивановны, а они у неё точно были, это тот фундамент, который позволял ей быть в гармонии с собой, обществом и природой. Она не старалась казаться великим человеком, но всегда была им и это было её естественное состояние, как это бывает только у реально великих людей.

Юлия Ивановна оставила после себя целое научное наследие в области геомеханики, её любят, чтят и уважают её ученики. Это, пожалуй, является самым убедительным доказательством того, что она была настоящим и преданным своему делу учёным. Великим не сочувствуют, ими восхищаются. Полагаю, что наша светлая память об этом замечательном человеке и учёном, будет всегда нашим восхищением ею, её делами и успехами.

Вице-президент Национальной Академии  
горных наук, член корр. НАН РК,  
д-р техн. наук, профессор

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'С.Ж. Галиев'.

Галиев С.Ж.



## Уважаемые коллеги!

Разрешите приветствовать Вас от имени коллектива Института горного дела имени Д.А.Кунаева, который в этом году отмечает свое 75-летие. В рамках этого мероприятия мы проводим круглый стол памяти доктора технических наук профессора Чабдаровой Юлии Ивановны - крупного ученого, наставника и учителя, проработавшей в стенах нашего института, без малого, почти 70 лет.

Теперь уже в далеком 1954 году, т.е. 65 лет назад, директор института Мусин А.Ч. предложил Юлии Ивановне начать работу, связанную с решением проблем геомеханики. Как рассказывала сама Юлия Ивановна, ей было страшно заниматься решением весьма сложных и еще для нее не известных научных проблем. Но отказать авторитетному ученому она не могла, и с тех пор непрерывно отдавала свою энергию, талант, упорство и очень много времени решению теоретических и прикладных задач, совокупность которых и составляла отмеченную проблему.

Наш коллектив и я, в частности, с гордостью отмечаем, что по ее трудам не только учится не одна плеяда научных работников, но уже несколько десятков лет и по настоящее время, результаты ее работ используются в крупных горнодобывающих предприятиях.

Думаю, будет правильным сказать, что Юлия Ивановна является первооткрывателем больших горизонтальных напряжений в нетронутом массиве горных пород – это, уважаемые коллеги - открытие. Другие научные достижения подробно описаны в докладах, поэтому особо хочется отметить ее человеческие качества.

Юлия Ивановна запомнилась нам как весьма и весьма объективный ученый, доброжелательный человек, никогда ни в чем не могла отказать, если кому-то нужна помощь. Свои знания и талант она направляла не только на решение научных задач, но и на становление молодых ученых. Надо, объективности ради отметить, что в тяжелые годы распада Союза выжила только ее научная школа. Это дорогого стоит.

В настоящее время наша школа геомехаников продолжает успешно работать, развивает направления исследований в соответствии с требованием времени.

Желаю участникам круглого стола активной и интересной работы и успехов во всех начинаниях.

Директор ИГД им. Д.А.Кунаева  
РГП «НЦ КПМС РК», Академик НАН РК,  
Заслуженный изобретатель РК,  
д-р техн наук, проф.

Буктуков Н.С.



## Уважаемые коллеги и гости – спикеры круглого стола!

Рада вас всех приветствовать сегодня у нас в Институте. Этот Круглый стол планировался небольшим мероприятием, но в процессе подготовки превратился в немаленький форум геомехаников стран СНГ. И я очень рада этому. Это подтверждает, что задачи геомеханики очень актуальны и решения этих задач востребованы на горнорудных предприятиях.

Этот Круглый стол посвящен памяти очень скромного, но крупного ученого - Чабдаровой Юлии Ивановны. По образованию Юлия Ивановна – горный инженер подземной разработки, но по трудам и в душе она была геомехаником. И она любила повторять, что геомеханик – это не только горный инженер, но и геолог, и математик, и аналитик и даже философ. Ей удавалось сочетать в себе все эти качества!

Я очень благодарна, что работала с таким Человеком. Она направляла меня не только в геомеханических вопросах, но и своим поведением в научном мире формировала мое отношение к науке в целом и отдельно к людям.

Юлия Ивановна, продолжив направления, заложенные основателем научной школы геомехаников нашего Института член-корреспондентом АН Казахской ССР Мусиным Алиханом Чужебаевичем, сформировала целое поколение геомехаников-ученых. Среди них ее официальные ученики - Долгих Н.П., Жужгов Ю.В., Валькова Е.П., Букин А.Н., Мектешев М.Г., Шамганова Л.С., Мальшакова Н.И., Алипбергенов М.К. Ещё десятки горняков, геологов и математиков могут сказать, что они являются учениками Юлии Ивановны. Они продолжают развивать геомеханические исследования на горных месторождениях Казахстана.

Созданная школа геомеханики в Институте горного дела им. Д.А. Кунаева продолжает работать в направлении геомеханического обеспечения безопасной и эффективной работы горных предприятий, а также развивать исследования на базе новых перспективных технологий, таких как автоматизированные системы контроля, создание 3D геомеханических моделей и др. Хочется отметить исследования молодых и перспективных ученых: Балтиева А.А., Съединой С.А. и Алтаевой А.А.

Я уверена, что результаты обсуждения на Круглом столе «Геомеханическое обоснование – основа эффективной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых» найдут свое место на горных площадках Белоруссии, России, Кыргызстана и Казахстана.

Всем творческих успехов, новых направлений в решении геомеханических задач!

Заместитель директора ИГД им. Д.А. Кунаева,  
зав. отделом геомеханики,  
чл.-корр. НАН РК, д-р техн. наук

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Л.С. Шамганова'.

Шамганова Л.С.



**Буктуков Н.С., Шамганова Л.С.**  
(ИГД им. Д.А. Кунаева, г Алматы)

## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНСТИТУТА ГОРНОГО ДЕЛА ИМ. Д.А. КУНАЕВА**

*Аннотация. В статье обобщены результаты исследований в области горного давления, влияния на устойчивость конструктивных элементов системы разработки, горных выработок, сейсмичности взрыва, сдвига горных пород и других геомеханических проблем, проведенных в Институте горного дела Д.А. Кунаева.*

*Ключевые слова: горное давление, устойчивость, геомеханика, взрыв, сдвиг, система разработки, напряжение, горная выработка.*

Со дня основания Института в 1944 году главным научным направлением являются исследования в области создания новых средств и способов разработки твердых полезных ископаемых, обеспечивающих полную и безопасную отработку открытым и подземным способами.

Институт состоял из четырех секторов, одним из которых являлся сектор маркшейдерии и геодезии, который возглавлял Базарбаев С.Б. (1945 г.), Кудряшов П.И. (1950 г.), Канлыбаева Ж.М. (1954 г.).

В настоящее время в состав геомеханических исследований три лаборатории: горного давления им. А.Ч. Мусина, сдвига пород и охраны горных выработок, управления геомеханическими процессами им. О.А. Байконурова, которые проводят исследования в области закономерностей сдвига и напряженно-деформированного состояния породного и приконтурного массива и решения на их основе геомеханических задач по устойчивости горных выработок.

**Лаборатория горного давления**, основанная в 1954 г. членом-корреспондентом АН КазССР А.Ч.Мусиным занимается изучением устойчивости пород кровли и целиков выработанного пространства. Непосредственно в шахтных условиях Жезказганского месторождения, были выполнены исследования под руководством член-корр. АН КазССР, д.т.н. Мусина А.И. и к.т.н. Бакаева М.Т., которые позволили выявить закономерности формирования и развития деформаций пород кровли при увеличении площади ее обнажения и нарастания процесса разрушения, включая предельное состояние и аналитические зависимости для определения параметров камер и целиков, установленные ранее по аналогии с другими рудниками для глубины 100-200 м.

Решению проблемы оценки и прогнозирования устойчивости непрерывно возрастающего объема выработанного пространства и осуществлению мер безопасности, начиная с 1964 г., посвящены работы

д.т.н. Н.П. Ерофеева. В 80-х гг. был разработан первый вариант методики оценки и прогнозирования устойчивости конструктивных элементов системы, на основе которой предлагались классификация выработанного пространства и выделение опасных участков для своевременного принятия мер безопасности, методы расчета нагрузок на целики, их несущей способности с учетом фактора времени, обоснование коэффициента запаса прочности.

В дальнейшем коллектив лаборатории под руководством д.т.н. Ю.И. Чабдаровой проводил широкомасштабные экспериментальные работы по исследованию природного поля напряжений, напряженно-деформированного состояния пород кровли и целиков, определению физико-механических свойств пород на глубинах свыше 100 м.

На основе экспериментального изучения природного поля напряжений установлены ранее неизвестный геодинамический характер, связь его с формой структурных складок и трещиноватостью пород. Определены направления и величины главных напряжений, их соотношения в антиклиналях, синклиналях и зонах флексур. Получена эмпирическая зависимость, отражающая связь горизонтального напряжения с трещиноватостью массива, объясняющая их анизотропию, что давало возможность прогнозировать природное поле напряжений и учитывать его влияние на проявление горных ударов.

Исследования позволили объяснить устойчивость большепролетных обнажений и по-новому подойти к выбору технологических схем отработки, области их рационального применения и определению параметров конструктивных элементов.

Были проведены исследования геомеханических процессов, сопутствующих системе разработки с камерной выемкой и твердеющей закладкой в условиях отработки пологопадающих залежей прочных скальных пород типа жезказганских. В результате выполнения этих работ были установлены закономерности смещения пород непосредственной кровли и налегающей толщи, распространения области влияния очистных работ вглубь массива подрабатываемой толщи, перераспределения давления на грузонесущие элементы систем в пределах отрабатываемой и смежных панелей и формирования нагрузок на закладочный массив.

В последние годы были проведены исследования по геомеханическому состоянию маломощных залежей, по результатам которых разработаны Методические положения по проектированию и ведению горных работ при отработке маломощных участков пологих залежей Жезказганского месторождения (2007 г) и Временная Инструкция по расчету параметров модифицированных вариантов системы разработки Жезказганского месторождения для наклонных залежей мощностью более 5, 0 м (2011 г). Авторы работ – д.т.н. Чабдарова Ю.И., Шамганова Л.С., к.т.н. Нугманов К.Х., Букин А.Н.



Экспериментально и теоретически группой сотрудников под руководством к.т.н. К.Х. Нугманова доказана роль штангового крепления в упрочнении пород кровли, определена область их применения, обоснована сетка размещения штанг, длина и шаг отставания крепления от груди забоя в зависимости от состава пород непосредственной кровли. Также разработан и предложен новый тип металлорезиновой анкерной крепи, обладающей высокоадаптивными свойствами к окружающему массиву.

Одновременно с этой группой сотрудников лаборатории решались вопросы, связанные с разработкой и геомеханическим обеспечением Ачисайского, Соколовско-Сарбайского, Донского комбинатов и Джездинского рудоуправления, теоретическое обоснование которых осуществлялось под руководством к.т.н. В.Ф. Смирнова и к.т.н. Л.Н. Жеребко.

Для сложных горно-геологических условий месторождения донских хромитов под руководством к.т.н. Л.Н. Жеребко разработана методика определения нагрузок на крепь горизонтальных горных выработок различного технологического назначения.

По результатам исследований Чабдарова Ю.И. удостоена премии академика им. Ш.А. Есенова, Нугманов К.Х. – премии им. академика К.И. Сатпаева.

**В лаборатории сдвижения пород и охраны горных выработок** проведены исследования сдвижения земной поверхности под влиянием горных работ на шахтах Карагандинского бассейна. Чл.-корр. АН КазССР Канлыбаевой Ж.М. был разработан метод наблюдений за сдвижением горных пород при отработке пологопадающих пластов с помощью радиоактивных изотопов, который позволил выявить картину деформации и сдвижения горных пород по всей толще налегающих пород и научно обосновать основные параметры систем разработки угольных пластов, величину шага обрушения на шахтах, места заложения полевых штреков, способы крепления горных выработок и очистных забоев.

Освоение звукометрического метода исследований напряженного состояния горных пород в массиве вблизи подземных выработок позволило дистанционно регистрировать характер изменения напряженного состояния пород вблизи очистных и подготовительных выработок, что позволяет прогнозировать горные удары в шахте.

Выполненные исследования в области физики процесса сдвижения горного массива позволили создать научные основы для совершенствования технологии выемки угля, разработки математической модели для перехода от деформаций массива к напряженному его состоянию, созданию расчетного аппарата деформаций массива и горного давления, установлению зависимости смещения поверхности от мощности пласта, крепости горных пород и глубины разработки, а также по установлению параметров полета обрушения кровли в зависимости

от пород основной кровли и разработать рекомендации для расчета крепи выработок для различных пород кровли (Канлыбаева Ж.М., Жукова С.Г., Клиновицкий Ф.Т. и др.).

На основе установленных закономерностей сдвижения пород и формирования опорного давления в 1970-1980 гг. под руководством член-корр. АН КазССР Болгожина Ш.А.-Г. разработана новая концепция прямой и обратной связи процессов сдвижения с горными работами, ставшая основой для создания научно-методических положений по прогнозу и управлению напряженно-деформированным состоянием горного массива. Разработаны способы охраны горных выработок, установлены особенности формирования опорного давления при одновременной отработке мощных пологих угольных пластов двумя слоями.

За разработку и внедрение способов повышения добычи метана и использования его как вторичного сырья на шахтах Карагандинского бассейна член-корреспондент НА РК Болгожин Ш.А.-Г. и к.т.н. Ф.И. Клиновицкий в 1986 г. удостоены премии Совета Министров КазССР.

**Лаборатория управления геомеханическими процессами** носит имя выдающегося казахстанского ученого академика О.А. Байконурова. В 1963 г. в Институте была создана группа по исследованию сейсмического действия взрыва на устойчивость выработок, которая в 1964 г. преобразована в лабораторию «Исследование элементов разработки недр геофизическими методами» под руководством академика АН КазССР Байконурова О.А.

В 1960-е г. в результате выполненных исследований сейсмического эффекта взрыва на устойчивость кровли и целиков в условиях Жезказганского месторождения были установлены зависимости между параметрами сейсмических волн и параметрами буровзрывных работ, которые позволили разработать рекомендации по снижению влияния взрыва на горные породы (Бакаев М.Т., Петров А.А. и др.).

По мере отработки месторождений с переходом горных работ на более глубокие горизонты и увеличением интенсивности разработки в условиях применения камерно-столбовой системы разработки на рудниках Жезказгана и Миргалимская значительно возросли объемы пустот, которые в 1980 г. составили 120-130 млн. м<sup>3</sup>, против 0,5 млн. м<sup>3</sup> в 1945 г. В связи с этим значительно возросла опасность возникновения массовых разрушений целиков и обрушения кровли горных выработок и очистных камер при ведении взрывных работ. Проведенные исследования (академик Ермеков Т.М., д.т.н. Каюпов М., к.т.н. Тулебаев К.К., Артемьев А.М. и др.) позволили получить закономерности влияния сейсмике взрыва на устойчивость горных конструкций.

В настоящее время отдел геомеханики продолжает исследования геомеханических процессов, сопутствующих крупномасштабным обрушениям на Жезказганском месторождении, а также новых способов

и средств поддержания пород кровли, изыскивает пути возможной отработки запасов у очагов обрушения и проявлений горного давления и поддержания горизонтальных выработок на месторождении Донских хромитов. Проводит деформационный мониторинг, занимается вопросами устойчивости бортов каоэра.

С ростом глубины разработки, ухудшением горно-геологических условий геомеханическая ситуация и вопросы безопасного ведения горных работ будут осложняться и усугубляться. Поэтому поиски и обоснование мероприятий, обеспечивающих эффективную отработку месторождений Казахстана, будут продолжены. Важное значение при этом приобретает разработка новых и корректировка ранее изданных и утвержденных союзными органами нормативных документов для придания им законного права регламентации работ на рудниках суверенного государства. Сотрудниками отдела разработано более 15 нормативных документов: «Методические указания по погашению выработанных пространств управляемым самообрушением налегающих пород жезказганских шахт» (1997); «Технологическая инструкция по повторной разработке Жезказганского месторождения подземным способом» (1998); «Временная инструкция по расчету целиков для пологопадающих залежей на глубинах более 400 м и наклонных залежей Жезказганского месторождения» (1998), «Временные методические указания по ведению горных работ в районах ослабленных участков подземных рудников» (2000), «Методические указания по проектированию отработки свит наклонных залежей Жезказганского месторождения» (2002), «Рекомендации по определению технологических параметров целиков и «мостов» при отработке наклонных залежей Анненского горного района» (2002). «Временная инструкция по расчету параметров модифицированных вариантов систем разработки Жезказганского месторождения мощностью более 5,0 м» (2010) «Методические рекомендации по определению сейсмобезопасных расстояний при взрывных работах на Жезказганском месторождении в различных геомеханических условиях (с учетом влияния на ослабленные, обрушенные участки и застроенную поверхность» (2014).

В настоящее время отдел геомеханики продолжает исследования геомеханических процессов, сопутствующих крупномасштабным обрушениям на Жезказганском месторождении; напряженно-деформированного состояния массива на месторождениях «Жаман-Айбат» (рис.1); геомеханического обоснования предлагаемых систем отработки второй очереди рудника «Жомарт»; изыскивает пути возможной отработки запасов у очагов обрушения и проявлений горного давления и поддержания горизонтальных выработок на месторождении донских хромитов.

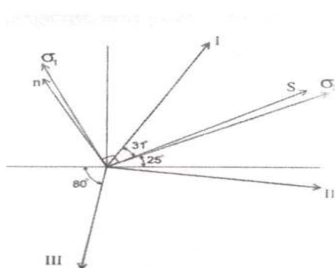


Рисунок 1 Исследования НДС массива горных пород



Рисунок 2 Определение физико-механических свойств горных пород

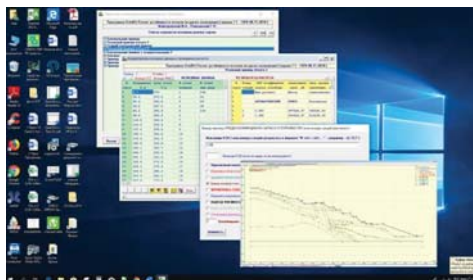


Рисунок 3 Программа «Устойчивость»

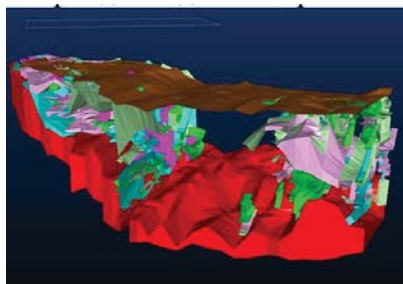


Рисунок 4 Каркасная модель Артемьевского месторождения

Проведены исследования напряженно-деформированного состояния массива горных пород на Сарбайском и Южно-Сарбайском месторождениях; проводится деформационный мониторинг, определяются физико-механические свойства горных пород (рис.2), проводятся исследования по вопросам устойчивости бортов карьера (рис. 3), организации внутреннего отвалообразования. Для месторождений Артемьевского, Орловского, Иртышского были разработаны 3D геологические модели (рис.4), позволяющие контролировать и прогнозировать геомеханическое состояние горного массива. Сотрудниками отдела геомеханики разработан комплекс программ по расчету устойчивости горных конструкций (USTO, Взрыв и др.), которые успешно применяются при оценке устойчивого состояния горных выработок и бортов карьеров на месторождениях Казахстана.

**Резюме**

Буктуков Н.С., Шамганова Л.С.  
(Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты Алматы қ.)

*Кен өндірісінің геомеханикалық ғылыми-зерттеу Д.А. ҚОНАЕВ атындағы институты*

*Бұл мақалда Д.А. Қонаев атындағы тау-кен институтында жүргізілген тау жыныстарының жылжуы және т.б. геомеханикалық мәселелер, атылыс сейсмикалық, тау-кен қазбаларын бекіту, тау қысымы және оның қазу жүйесінің конструктивтік элементтеріне тигізетін әсердің зерттеу нәтижелері ұсынылған.*

*Түйенді сөздер: тау қысымы, тұрақтылық, геомеханика, атылыс, жылжу, қазу жүйесі, кернеулік, тау-кен қазбасы.*

UDC 622.272

**Summary**

Buktukov N.S., Shamganova L.S  
(Mining Institute named after D.A. Kunayev, Almaty)

*Geomechanical research institute of mining d.a. kunaev*

*The paper summarizes the results of research in the field of rock pressure and its impact on the stability of the structural elements of the system of development, fastening mine workings, seismic explosion, subsidence of rocks and other geomechanical problems, carried at the Institute of Mining named after D.A. Kunaev*

*Keywords: rock pressure, stability, geomechanics, explosions, subsidence, development systems, voltage, underground workings.*

**Журавков М.А.**  
(БГУ, г.Минск, Беларусь)

## АКТУАЛЬНЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОМЕХАНИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ БЕЛАРУСИ

*Аннотация. В статье речь идет об основных актуальных направлениях научных исследований в области геомеханики на современном этапе развития горнодобывающей отрасли Республики Беларусь. Рассматриваются важные направления геомеханических и сопряженных с ними исследований, обусловленные современным состоянием дел и перспективами развития горнодобывающей деятельности по разработке месторождений калийных солей.*

*Ключевые слова: геомеханика калийных месторождений, механико-математические модели поведения породных массивов; техногенные катастрофы*

### *Введение*

Роль геомеханики представляется весьма значимой как с точки зрения выполнения сложных фундаментальных теоретических исследований и решения общенаучных задач, так и вследствие существенной важности и актуальности решения прикладных задач, обусловленных особенностями конкретного рассматриваемой региона (области породного массива), подверженного активной техногенной деятельности.

В связи со все более широкомасштабным освоением подземного пространства Республики Беларусь спектр и количество актуальных фундаментальных и прикладных задач геомеханики стремительно возрастает. Прирост минеральной ресурсной базы в настоящее время обеспечивается в том числе за счет разработки участков породных массивов, которые ранее были отнесены к низко рентабельным (в силу больших глубин залегания полезного пласта, сложных геологических условий и т.д.). В качестве примера могут служить новые участки месторождения калийных солей, которые в настоящий момент или в перспективе начинает обрабатывать ОАО "Беларуськалий".

Интенсивное освоение подземного пространства приводит к количественным и качественным изменениям в геомеханических процессах и явлениях и даже к новым, ранее не имеющим места проявлениям. В связи с этим, *в настоящее время, иногда даже коренным образом, меняются представления о природе геомеханических явлений и процессов.* Поэтому появляется целый ряд новых научных проблем и вопрос, связанных, с одной стороны, с исследованием влияния техногенных факторов на геофизическую среду, а, с другой стороны, с изучением поведения породной толщи и умением управлять природными

процессами в новых изменившихся условиях.

Рассмотрим некоторые важные, на наш взгляд, направления геомеханических исследований и актуальные задачи, требующие своего решения, применительно к условиям разработки месторождений калийных солей Беларуси.

1. Углубление и расширение фундаментальных знаний о поведении подрабатываемых массивов калийных горных пород

*Одной из наиболее важных фундаментальных задач геомеханики на современном этапе является задача разработки моделей поведения подрабатываемых породных массивов, наиболее адекватно описывающих их состояние и поведение с учетом накопленных к настоящему времени новых фактов и представлений о поведении породных массивов.*

Весьма сложным является корректный учет изменчивости во времени полей напряжений в массиве вокруг подземных сооружений в связи с большим разнообразием влияющих факторов. Основное затруднение вызывает структурно-неоднородное строение массива. Наличие в массиве систем мелко- и крупноблоковой трещиноватости, разрывов и крупных тектонических нарушений, различная ориентировка этих структурных нарушений относительно геометрических параметров подземных сооружений, разнообразие заполнителей трещин и контактных условий по трещинам делает задачу учета структурных неоднородностей при проектировании подземного сооружения, выборе видов и параметров крепления и мер охраны этих сооружений весьма сложной. Кроме того, в массивах горных пород, естественное равновесное состояние которых нарушено техногенной деятельностью, в общем случае формируются области, находящиеся в различных структурных состояниях. В связи с этим в общем случае математические формулировки модельных задач для изучения геомеханических процессов в выделенных характерных зонах подработанной породной толщи должны быть различными.

*Поэтому, проблема построения механико-математических моделей, предназначенных для изучения напряженно-деформированного состояния породного массива от глубин техногенной деятельности вплоть до дневной поверхности, является задачей актуальной и весьма сложной.*

К числу важных относится задача разработки, развития и адаптации современных подходов и методов математического моделирования для выполнения компьютерного моделирования широкого спектра прикладных геомеханических процессов. При этом основной упор должен быть сделан на изучение физических процессов, моделирование которых весьма трудоемко или практически невозможно произвести с помощью иных подходов.



Общеизвестно, что для горных пород и массивов, как правило, неоднородных по строению и сложенных структурными элементами различных размеров при отсутствии стандартного оборудования и стандартных методов испытаний механические свойства материала (горной породы), механические свойства образцов горной породы, образцов породного массива и механические свойства породного массива различны и в некоторых случаях существенным образом. Работ, относящихся к определению свойств подрабатываемых массивов горных пород, достаточно много и в этом направлении достигнуты значительные успехи, позволяющие устранить указанные недостатки и открывающие новые направления исследований. *И все же нерешенных вопросов и проблем в задаче определения физико-механических свойств массивов горных пород остается еще достаточно много.* В настоящее время, как указывается в [1], развивается новое научное направление – горное породоведение, связанное с построением классификаций горных пород и массивов по физико-механическим свойствам в канонических шкалах [2]. Для количественного описания блочно-иерархического строения разрабатывается кластерный подход, основанный на существовании канонических рядов структурных отдельностей и сопряженных с ними амплитудно-периодных спектров геофизических и геомеханических полей [2].

Следует отметить и актуальные задачи, связанные с моделированием геофизических процессов в массивах калийных пород как многослойных сред (с учетом наличия газовой фракции и жидкости). Для их надежного решения необходимо построение сопряженных механико-математических моделей [3]. На их базе решаются, в частности, такие важные задачи, как разработка мер борьбы с внезапными выбросами породы и газа в калийных рудниках, предотвращение затопления рудников и др.

Несмотря на выполненное существенное количество научно-исследовательских работ, до настоящего времени *остается не изученной и не решенной проблема прогнозирования и описания такого опасного явления, как динамические явления при ведении горных работ с применением технологии длинными очистными забоями.*

Экспериментально подтверждено и теоретически обосновано, что породные массивы перед разрушением разделяются на части, при этом сплошность массива в целом может сохраняться. В результате этого в массиве возникает блочная структура. В дальнейшем деформация такой структуры происходит за счет относительного скольжения блоков и их поворотов. Очевидно, что при возникновении блочной структуры сопротивление породного массива деформированию уменьшается, но все же остается конечным. Данное явление характеризуется появлением на диаграмме «напряжение-деформация» ниспадающей ветви. Очевидно, что *в этом новом состоянии массива связь между*



напряжениями и деформациями отлична от стандартной. Следовательно, в настоящее время необходимо существенным образом расширить «стандартные» подходы и схемы к построению механико-математических моделей задач геомеханики. Следует обязательным образом исследовать поведение массивов горных пород при «попадании» на диаграмме деформирования на участок послеупругой стадии при развитии деформационных процессов. Как уже указывалось, важным является то обстоятельство, что на ниспадающей ветви напряжения и деформации не связаны между собой однозначной зависимостью, а представляют собой величины, определяемые независимо и по отдельности из основных законов механики [4]. В области послеупругого поведения массивов горных пород помимо общих деформаций развиваются деформации сдвига и проявляются площадки скольжения. Вследствие этого наблюдается эффект дилатансии (изменение объема за счет изменения напряжений и за счет сдвига). В свою очередь, проявление площадок скольжения и связанной с этим дилатансии, является важным для изучения большого круга процессов, например, геофильтрации в породной толще.

2. К проблеме построения численных геомеханических моделей массивов горных пород со сложным структурным строением

Активное использование технологий компьютерного моделирования в геомеханике развивается по нескольким направлениям. Наиболее «научноёмкими» и имеющими очень широкий спектр приложений представляются такие направления, как *построение компьютерных цифровых геомеханических моделей породных массивов с учетом их структурных особенностей и с разветвленной системой подземных сооружений*, а также *изучение и прогнозирование физических процессов в массивах горных пород* при воздействии естественных и техногенных источников возмущений.

Построение трехмерной компьютерной (цифровой) геомеханической модели (ЦГМ) участка породного массива представляет собой нетривиальную, весьма сложную задачу. При рассмотрении участков освоения подземного пространства и добычи полезного ископаемого тип последнего и способ его извлечения являются главными факторами, определяющими основные физические процессы, которые необходимо изучать в первую очередь. При добыче минеральных ресурсов шахтным способом структурный и функциональный состав геомеханической модели имеет определенную специфику, что обусловлено в первую очередь тем, что в процессе эксплуатации таких месторождений приоритетным является моделирование напряженно-деформированного состояния породного массива. Проблема создания пространственной ЦГМ месторождения по своей сущности весьма сложна. При построении такой модели требуется обобщение огромного количества

мультидисциплинарных данных и знаний, накопленных как в науке, так и в практической деятельности [5]. Важным условием построения адекватной достоверной комплексной трехмерной геомеханической модели породной толщи является использование всей совокупности горно-геологических, горнотехнологических и геомеханических данных, их структурированность и непротиворечивость.

3. Устойчивость подземных сооружений и массивов горных пород с крупномасштабной сетью подземных сооружений. Техногенные катастрофы

В настоящее время активно развивается такое научное направление фундаментальных исследований в геомеханике и геофизике, как разработка теоретических основ теорий «динамического деформирования геосред при мощных природных и техногенных воздействиях» [1]. В формировании специфических динамических процессов в подрабатываемых породных массивах существенную роль играет их блочно-иерархическое строение. Сегодня является неоспоримым положение о том, что для правильного описания поведения породных массивов и их откликов на внешние воздействия необходимо учитывать сложное строение массивов, расчлененных поверхностями и зонами ослабления на отдельные блоки различного масштабного уровня [2, 6].

Одной из важных задач освоения подземного пространства является достоверный прогноз длительной устойчивости породного массива как в окрестности сложной системы подземных выработок, так и устойчивости рассматриваемой области породной толщи в целом. *Изменения, накапливаемые в массиве под воздействием техногенных факторов, способны вызвать катастрофические последствия не только для отдельного подземного сооружения, но и для региона ведения горных работ в целом* [7]. Результатом может быть крупномасштабная техногенная катастрофа, проявляющаяся в различном виде (что зависит от целого набора факторов). *В соответствии с основными законами теории катастроф, для инициирования процесса выделения накопленной в приконтурной зоне потенциальной энергии при определенных условиях достаточно незначительного внешнего воздействия* [8].

Все более возрастающий уровень техногенных нагрузок формируется в регионе отработки Старобинского месторождения калийных солей. Разработка калийного месторождения ведется на достаточно ограниченном пространстве в пределах шахтных полей нескольких рудников. Целый комплекс проблем влечет за собой наличие в пределах региона солеотвалов и шламохранилищ. Необходимо отметить и тот факт, что в пределах региона ведения горных работ существуют зоны новейшей геодинамической активности, зоны с

замещениями, флексурами и разломами. Данные факты подтверждаются результатами выполнения натурных исследований на геомеханических и геодинамических полигонах, организованных в пределах Старобинского месторождения калийных солей.

Сегодня представляется доказанным факт того, что вывести из состояния устойчивого равновесия геосреду можно источниками техногенного происхождения (например, крупномасштабными горными работами на ограниченном участке). В качестве такого источника могут выступать, например, динамические импульсы малой амплитуды и интенсивности, но определенной частоты. Это может быть и горный удар, малоамплитудные подвижки по разлому или динамический срыв значительной величины. Вместе с тем, *современный уровень развития науки и технологий не позволяет разработать единой теории управления техногенными динамическими процессами* как реакцией на активное освоение подземного пространства. Кроме того, время «наступления эффекта» может быть разным.

Известно, что в зонах наиболее активно нагружаемого массива инициируются медленные деформационно-волновые процессы, распространяющиеся затем на другие участки шахтных полей [9]. Важным представляется такой факт, что деформационно-волновые процессы могут проявляться на значительном удалении от мест производства горных работ и профилактических мероприятий, а также над закладочным массивом. Причиной тому могут быть «глобальные» геомеханические процессы, происходящие в масштабе шахтных полей [9]. Интерес представляет *эффект усиления волн на значительных расстояниях от источника их возбуждения*. Эффект состоит в том, что в сильно напряженных прочных горных породах *скорость, приобретаемая частицами около выработок, нередко оказывается на порядок больше скорости частиц вблизи от источника сейсмической волны* [10]. *Эффект усиления представляется исключительно важным для понимания того, как сравнительно слабые сейсмические возмущения могут вызвать опасные динамические явления – горные удары в шахтах*. С точки зрения теории устойчивости, эти динамические явления представляют предельный случай усиления, когда бесконечно малое возмущение приводит к значительным, нередко катастрофическим последствиям.

*Для получения замкнутой механико-математической модели массивов горных пород с учетом эффекта «дальнодействия» (или построение модели «самонапряженных» геосред) необходимо иметь физический закон, описывающий поведение и взаимодействие блоков рассматривающих соответствующих уровней между собой при заданном виде возмущений массива.*

Рассмотренные явления волнового предвестника естественных и техногенных катастроф представляются крайне важными как с

фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Разработав соответствующие технологии и выполняя мониторинг изменения полей упругих колебаний в ответственных регионах породных массивов (в том числе и в области разломов), можно предсказать начало динамических явлений большой интенсивности.

#### Заключение

В данной работе затронут, к сожалению, не весь круг актуальных вопросов и задач современной геомеханики применительно к месторождениям калийных солей Беларуси. Ограниченные рамки статьи не позволяют остановиться, хотя бы реферативно, на всех современных направлениях научных исследований. Перечень задач и проблем можно продолжить еще достаточно долго.

Следует подчеркнуть, что геомеханика содержит в себе задачи, требующие хорошего владения широким диапазоном знаний и умений из различных областей современной теоретической и прикладной механики, фундаментальной и прикладной математики, и целого ряда специальных дисциплин.

#### Литература

1. Адушкин В.В., Опарин В.Н. От явления знакопеременной реакции горных пород на динамические воздействия – к волнам маятникового типа в напряженных геосредах. Ч.1. // ФТПРПИ. №2. 2012. С.3- 27.
2. Опарин В.Н., Танайно А.С. Каноническая шкала иерархических представлений в горном породоведении. Новосибирск: Наука, 2011.
3. M.Bryla, A.V. Krupoderov, A.A. Kushunin, V. Mityushev and M.A. Zhuravkov Mathematical Models of Mechanical Fields in Media with Inclusions and Holes // Handbook of Functional Equations. Functional Inequalities. Rassias, T.M. (Ed.). Springer. 2014, XI. Pp.15-42.
4. Шемякин Е.И. Деформации и разрушение горных пород (о кольцевой прочности) // Актуальные проблемы динамики и прочности в теоретической и прикладной механике. Минск: УП «Технопринт». 2001. С.471-476. Шемякин Е.И. Об инвариантах напряженного и деформированного состояния в математических моделях сплошной среды // ДАН. 2000. Т. 373, №5. С.632-634.
5. Журавков М.А., Коновалов О.Л. К проблеме построения численных геомеханических моделей массивов горных пород со сложным структурным строением // коллективная монография «Геомеханические поля и процессы: экспериментально-аналитические исследования формирования и развития очаговых зон катастрофических событий в горнотехнических и природных системах». Том 2: Фундаментальные проблемы и новые методы контроля нелинейных геомеханических процессов в горнотехнических и природных системах / [В.Н. Опарин, В.В. Адушкин, А.А. Барях, М.А.Журавков и др.]; отв. ред. Н.Н. Мельников, Рос.акад. наук Сиб. отделение, Ин-т горного дела [и др.] – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2019. С.253 – 297.
6. Курленя М.В., Опарин В.Н. Скважинные геофизические методы диагностики и контроля напряженно-деформированного состояния массивов горных пород. – Новосибирск: Наука, 1999.

7. Журавков М.А. Техногенные динамические события в регионах крупномасштабного освоения подземного пространства. Ч.1–3 // Горная механика и машиностроение. №1–3. 2014.
8. Журавков М.А., Богдан С.И. Моделирование и прогноз катастрофических явлений в геомеханике. Д200219 от 13.02. Реферативный сборник непубликуемых работ БелИСА. Вып.1 (24). 2002. 67с.
9. О возможных причинах увеличения сейсмической активности шахтных полей рудников «Октябрьский» и «Таймырский» Норильского месторождения в 2003 г. Ч.1 – 4 //ФТПРПИ. № 4 – 6. 2004; №1. 2005.
10. Линьков А.М. Об усилении сейсмических волн вблизи нарушений // ФТРПИ. – 2001 - №3.

## References

1. Adushkin V.V., Oparin V.N. Ot yavleniya znakovremennoy reaksii gornykh porod na dinamicheskiye vozdeystviya – k volnam mayatnikovogo tipa v napryazhennykh geosredakh. CH.1. // FTRPI. №2. 2012. S.3- 27.
2. Oparin V.N., Tanayno A.S. Kanonicheskaya shkala iyerarkhicheskikh predstavleniy v gornom porodovedenii. Novosibirsk: Nauka, 2011.
3. M.Bryla, A.V. Krupoderov, A.A. Kushunin, V. Mityushev and M.A. Zhuravkov Mathematical Models of Mechanical Fields in Media with Inclusions and Holes // Handbook of Functional Equations. Functional Inequalities. Rassias, T.M. (Ed.). Springer. 2014, XI. Pp.15-42.
4. Shemyakin Ye.I. Deformatsii i razrusheniye gornykh porod (o kol'tsevoy prochnosti) // Aktual'nyye problemy dinamiki i prochnosti v teoreticheskoy i prikladnoy mekhanike. Minsk: UP «Tekhnoprint». 2001. S.471-476. Shemyakin Ye.I. Ob invariantakh napryazhennogo i deformirovannogo sostoyaniya v matematicheskikh modelyakh sploshnoy sredy // DAN. 2000. T. 373, №5. S.632-634.
5. Zhuravkov M.A., Kononov O.L. K probleme postroyeniya chislennykh geomekhanicheskikh modeley massivov gornykh porod so slozhnym strukturnym stroyeniyem // kollektivnaya monografiya «Geomekhanicheskiye polya i protsessy: eksperimental'no-analiticheskiye issledovaniya formirovaniya i razvitiya ochagovykh zon katastroficheskikh sobytii v gornotekhnicheskikh i prirodnykh sistemakh». Tom 2: Fundamental'nyye problemy i novyye metody kontrolya nelineynykh geomekhanicheskikh protsessov v gornotekhnicheskikh i prirodnykh sistemakh / [V.N. Oparin, V.V. Adushkin, A.A. Baryakh, M.A.Zhuravkov i dr.]; otv. red. N.N. Mel'nikov, Ros.akad. nauk Sib. otd-niye, In-t gornogo dela [i dr.] – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2019. S.253 – 297.
6. Kurlenya M.V., Oparin V.N. Skvazhinnyye geofizicheskiye metody diagnostiki i kontrolya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya massivov gornykh porod. – Novosibirsk: Nauka, 1999.
7. Zhuravkov M.A. Tekhnogennyye dinamicheskiye sobyitiya v regionakh krupnomasshtabnogo osvoyeniya podzemnogo prostranstva. CH.1–3 // Gornaya mekhanika i mashinostroyeniye. №1–3. 2014.
8. Zhuravkov M.A., Bogdan S.I. Modelirovaniye i prognoz katastroficheskikh yavleniy v geomekhanike. D200219 ot 13.02. Referativnyy sbornik nepublikuyemykh rabot BellISA. Vyp.1 (24). 2002. 67s.
9. O vozmozhnykh prichinakh uvelicheniya seysmicheskoy aktivnosti shakhtnykh poley rudnikov «Oktyabr'skiy» i «Taymyr'skiy» Noril'skogo mestorozhdeniya v 2003 g. CH.1 – 4 //FTRPI. № 4 – 6. 2004; №1. 2005.
10. Lin'kov A.M. Ob usilenii seysmicheskikh voln vblizi narusheniy // FTRPI. – 2001 - №3.

### **Summary**

*Zhuravkov M.A.  
(BSU, Minsk, Belarus)*

*Actual fundamental and applied problems of geomechanics of potash deposits in Belarus*

*The article deals with the main actual areas of geomechanical researches at the present stage of development of the mining industry of the Republic of Belarus. The important directions of geomechanical and conjugate researches, due to the current state and prospects for the development of mining activities for the development of potash deposits, are considered.*

*Key words: geomechanics of potash deposits, mechanical and mathematical models of rock massifs behavior; technogenic catastrophes*

**Тажибаев К.Т., Кожогулов К.Ч., Тажибаев Д.К.**

(Институт геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек)

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ГОРНОГО УДАРА, ЕГО ПРОГНОЗА И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Аннотация. Анализированы геомеханические условия тектонических горных ударов, характерных для рудных удароопасных месторождений, разрабатываемых открытым способом, в частности горного удара, произошедшего на руднике Кумтор. Обоснованы рекомендации прогноза тектонических горных ударов при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. Предложены новые прогностические показатели потенциальной опасности тектонических горных ударов.*

*Ключевые слова: остаточное напряжение, горный удар, горная порода, удароопасность, карьер, мониторинг, деформация, разрушение, прогноз.*

**Введение.** При открытой разработке полезных ископаемых горные удары – явления исключительно редкие. В мировой практике известно не большое число горных ударов, произошедших при открытой разработке удароопасных месторождений. Это связано с тем, что вскрышные породы при открытых разработках - зачастую рыхлые наносы или непрочные глинистые горные породы, которые относятся к грунтам и при этом горные работы ведутся на небольших глубинах (часто до 500 метров) с созданием большого количества вновь образованных свободных поверхностей, где разгружаются напряжения (тектонические, гравитационные, генетические остаточные), горные породы вблизи поверхности интенсивно выветриваются. В случаях крепких скальных вскрышных горных породах, регулярные мощные взрывы при открытой добыче полезных ископаемых каждый раз существенно разгружают напряжения, снижая их опасные величины. Несмотря на это, при открытых разработках, хотя и весьма редко, но иногда происходят катастрофические горные удары, нанося значительный ущерб горному производству. Например, известны случаи горных ударов не только в подземных выработках, но и на карьерах. И притом на небольших глубинах при достаточно прочных породах. Таковы, например, горные удары в мраморных карьерах штата Вермонт в США. За годы отработки Хибинских апатито - нефелиновых месторождений на подземных и на открытых рудниках произошло 11 техногенных землетрясений, 11 горно - технических ударов и 29 горных ударов.

В практике горного производства проблема прогноза и предупреждения горных ударов и техногенных землетрясений

продолжает оставаться одной из актуальных проблем механики горных пород. Несмотря на достигнутые успехи научных исследований по проблемам геодинамики, прогноза и оценки сейсмоопасности в зонах разработки месторождений, отдельные важнейшие фундаментальные и прикладные аспекты проблем определения удароопасных участков и предупреждения горных ударов продолжают оставаться нерешенными, хотя, несомненно, в определенных направлениях эти проблемы все же получили во второй половине XX-го столетия успешное практическое решение.

В частности, усилиями исследователей горных ударов и производственников угольной отрасли в 70-ых годах прошлого века были достигнуты значительные успехи в предотвращении и уменьшении риска горных ударов на угольных шахтах за счет внедрения способов разгрузки удароопасных участков сотрясательными взрывами, разработки защитных пластов, проходки опережающих центральных скважин и гидроразрыва угольного и породного массива [1,4]. Однако в связи с большим разнообразием геологических условий образования рудных полезных ископаемых и их структурно-тектонических особенностей, проблемы определения и оценки удароопасности участков при разработке рудных месторождений решены не в полной мере.

**Методы и результаты исследований.** Следует отметить, что более углубленные исследования условий, причин и механизма тектонических горных ударов, доступных для изучения в горных выработках и обнажениях, помогут продвинуться в понимании механизма природных и техногенных землетрясений [7]. Тектонические горные удары явления кратковременные (порядка 5-8 сек.) и очаговые, приурочены к активным разломам, магматическим породам и их контактам с осадочными, метаморфическими горными породами и с другими геологическими образованиями (уголь, соляные ископаемые). Перед сильными горными ударами, которые рассматриваются как слабые землетрясения (до 5 баллов по шкале Рихтера), за несколько часов, иногда за 2-5 суток происходит скачкообразное и знакопеременное изменение деформаций породного массива прилегающего участка, наблюдается так называемое стреляние горных пород (динамическое отскакивание мелких кусков с размерами порядка 2х2х2см. и более).

С.Г. Авершиным [1] отмечается, что перед горным ударом происходит то увеличение, то уменьшение деформации, меняется в это время и направление подвижек то к выработке, то от нее. В работе ряда авторов [6] так же отмечается, что перед горным ударом наблюдается возрастание скорости сдвига массива и обратные (знакопеременные) деформации. Как отмечают авторы, обратные деформации, как правило, наблюдаются по линиям, непосредственно прилегающим к месту горного удара. Этими исследователями отмечено, что перед горными ударами в удароопасных участках происходит знакопеременное смещение горных



пород. Например, на основе данных исследования закономерностей динамических явлений в зоне влияния очистных работ Таштогельского рудника [6] отмечено возрастание скорости сдвижения участка массива и появление перед горными ударами обратных смещений реперов.

При исследованиях остаточных напряжений и их проявлений в деформации и разрушении горных пород нами было установлено неизвестное ранее явление скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах, которое впоследствии было признано как научное открытие [5]. Основная сущность явления состояла в том, что при нарушении равновесия остаточные напряжения сначала проявлялись как скачкообразная, иногда знакопеременная деформация, а затем как динамическое разрушение горной породы с выделением значительного количества кинетической энергии кусков и энергии колебаний.

Результаты наших экспериментальных исследований, выполненные на протяжении ряда последних десятилетий показали, что аномальные скачкообразные и знакопеременные деформации наблюдаются только в горных породах имеющих остаточные напряжения, и как правило, эти породы при испытаниях после таких аномальных деформаций разрушаются динамически, взрывоподобно, и как правило, такие породы представляют удароопасные месторождения расположенные в сейсмоактивных регионах. Указанные факты скачкообразной и знакопеременной деформации горных пород становятся объяснимыми в случае рассмотрения проявления остаточных (генетических) напряжений при нарушении их равновесия внешним механическим воздействием. Результаты исследования явления скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах могут способствовать решению практических задач по определению удароопасных участков месторождений, по прогнозированию горных ударов и землетрясений, могут быть полезными при изучении "самоподдерживающегося" разрушения хрупких и полухрупких материалов [2,8].

В качестве примера возможности прогноза динамического разрушения горных пород в очаге, т.е. глубинного тектонического горного удара покажем случай внезапного массового обрушения борта карьера рудника Кумтор, произошедшего 8 июля 2002 года (объем обрушенных пород порядка 7 млн. тонн). При этом был нанесен огромный ущерб горному производству: погиб сотрудник, месяцами зачищали огромный завал, под огромным завалом в негодность пришла техника, и в том году убыток, можно сказать, равнялся стоимости 4 тонны чистого золота, так как вместо запланированного и средне годового 20 тонн золота, в аварийном году произвели 16 тонн.

Наш анализ показал, что характеристики массового внезапного обрушения борта карьера рудника Кумтор полностью соответствуют характеристикам горных ударов. Это был типичный глубинный горный удар (толчок) охватывающий нижнюю (уступ 4018) и верхнюю (уступ 4178)

часть крутопадающего разлома (падение порядка  $70^{\circ}$ ). Например, очаговость удара видно из рисунка 1. Кратковременность обрушения (8 секунд) бесспорно свидетельствует о горном ударе, наблюдался также и стреляние пород перед главным событием (по описанию очевидцев за 3 сек до удара вылетали сверху куски размерами 15-20 см) и главное, наблюдался скачкообразные изменения деформаций перед обрушением, высокая степень измельчения пород, взрывоподобность характера разрушения. Анализ данных государственной комиссии, а также описаний очевидцев также свидетельствуют о глубинном горном ударе. Последующие экспериментальные исследования свойств и напряжений горных пород, отобранных из зон обрушения, выявили наличие значительных генетических остаточных напряжений в рудоносных горных породах месторождения Кумтор. Например, в метасамотитах были обнаружены значительные как сжимающие, так и растягивающие генетические остаточные напряжения, которые составляли 50-100 МПа. Эти экспериментальные факты свидетельствуют о главной причине данного глубинного горного удара, так как очаг располагался вблизи поверхности и на верху горы где напряжение от веса вышележащих пород незначительны (см.рис.1).



Рисунок 1 – Вид и очаг верхней части обрушения борта карьера Кумтор (8июль 2002 год).

Как показали результаты анализа мониторинговой системы, знакопеременные и скачкообразные деформации происходили за 5 суток до внезапного массового обрушения борта карьера рудника Кумтор 8-июля (рисунки 2;3). Из рисунков видно, что уже 3 июля, за 5 суток до обрушения, наблюдались аномальные скачкообразные и знакопеременные деформации, причем значение разно знаковых

растягивающих и сжимающих деформаций достигли 3см, составляя общий размах 6 см (рис. 3). Такие скачки и большие деформации возможны только при проявлении значительных остаточных напряжений горных пород. За 5 суток можно было не только прогнозировать, но и предотвратить обрушение путем постепенного снятия остаточных напряжений в удароопасных местах сотрясательными взрывами.

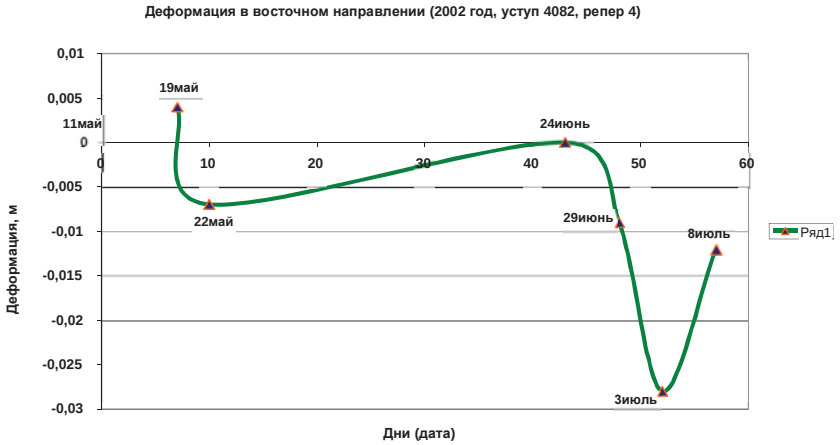


Рис. 2- График деформации горных пород в восточном направлении (по табличным данным мониторинга, рудник Кумтор)  
Деформация в северном направлении (2002 год, уступ 4082, репер 4))

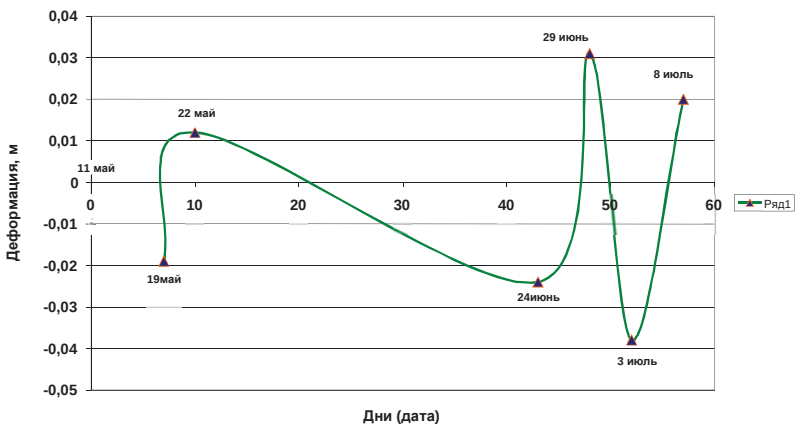


Рис. 3 - График деформации горных пород в северном направлении

К сожалению, данные мониторинговой системы не были правильно интерпретированы, так как на руднике ошибочно был принят косвенный прогностический признак – критическая скорость смещения горных пород, наоборот, перед горным ударом часто скорость, при смене направления смещения, то есть перед скачком, падает подобно «затишью перед бурей». Скорости по всем направлениям до обрушения не превышали значений 10 мм/сут. Ничто не указывало на наступление опасной ситуации. Восьмого июля (в день внезапного обрушения) в первой половине дня, за несколько часов до внезапного обрушения, были осуществлены плановые замеры смещений, по результатам которых скорость смещения по реперу №3 (точка №16, горизонт 4082) в северном направлении составила порядка 120 мм/сут., в восточном направлении – 100 мм/сут. и по высоте – 40 мм/сут. В районе расположения репера №4 (точка №17, горизонт 4082) находящегося внутри зоны обрушения процесс массового обрушения начался, по словам очевидцев, с выброса (стрельяние) камней. Обращает на себя внимание знакопеременный и скачкообразный характер деформации породного массива по реперам 3,4,7 наблюдавшийся за несколько дней до обрушения (рисунки 2 и 3). Для репера 7 (горизонт 4082), установленной южнее кромки обрушения (на расстоянии порядка 30 м от края обрушения), все высказанное ранее для репера 4, можно считать характерным. И здесь четко виден скачкообразный и знакопеременный характер изменения направления деформации за несколько дней до обрушения.

В наших исследованиях геомеханических условий, в зонах проявления горных ударов и остаточных напряжений в гранитах Восточно-Коунрадского месторождения, было установлено, что горные удары на данном руднике происходили на небольших глубинах (100-250 м) и в пределах тех разновидностей рудовмещающих гранитов и грейзенов, где имелись значительные остаточные напряжения [2,3]. Аналогично и в рудовмещающих горных породах, а именно в метасоматитах и при контактных с ними рудных породах месторождения Кумтор нами были зафиксированы, как указано выше, остаточные напряжения, средние значения которых составляли 50 МПа.

В геомеханике до сих пор считается, что факт превышения значений горизонтальных напряжений над вертикальными в массивах скальных пород обусловлен современным тангенциальным сжатием соответствующих тектонических структур под влиянием взаимодействия литосферных плит.

Иначе говоря, с позиций существующих представлений естественное напряженное состояние массивов горных пород на разных глубинах обусловлено главным образом воздействием гравитационных и тангенциальных (тектонических) усилий сжатия (за исключением зон растяжения земной коры в области рифтов и грабенов). Однако не все реальные факты условий напряженного состояния массивов скальных

пород можно объяснить с позиций данных представлений. В частности, нередко в скальных породах в полевых выработках, особенно в изверженных и в метаморфических породах на небольших глубинах (50–100 м) наблюдаются динамические формы проявления горного давления («стреляния», микроудары). Зачастую, на таких же глубинах фиксируются высокие значения горизонтальных напряжений, которые на порядок выше по сравнению с вертикальными. Наряду с указанными условиями в отдельных точках и зонах массивов имеют место растягивающие и весьма высокие сжимающие напряжения. Все эти и другие аналогичные факты пространственной геомеханической неоднородности породных массивов, характерные для многих реальных условий как на больших, так и на малых глубинах тектонических структур, не вписываются в представления о том, что общее естественное напряженное состояние массивов пород предопределяется только совместным воздействием на них гравитационных и горизонтальных тектонических сил. По существу, в современные представления о естественном напряженном состоянии массивов пород до сих пор в широком плане не вписывалась проблема генетических остаточных напряжений в горных породах. В то же время, результаты исследований, которые были выполнены по проблеме остаточных напряжений в горных породах в 70-х – 90-х годах прошлого столетия, особенно в последнем десятилетии в Институте геомеханики и освоения недр НАН КР, высветили огромную роль остаточных напряжений в формировании очагов горных ударов и развитии динамических форм разрушения пород. Этими исследованиями было показано, что существенно неоднородное и пространственно периодическое распределение полей нормальных напряжений характерно для удароопасных месторождений.

Инструментальными измерениями в породном массиве естественных напряжений, в том числе и остаточных напряжений, сохранившихся в кернах (повторная полная разгрузка) горных пород, отобранных из тех же мест замера напряжений, было доказано, что неоднородность и периодический характер распределения напряжений в удароопасных участках месторождений обусловлен неоднородностью и периодическим характером пространственного изменения остаточных напряжений, о чем свидетельствовали достаточно представительные экспериментальные данные совпадения характера (фаз) пространственного изменения действующих (в массиве) и остаточных напряжений, измеренных в гранитах удароопасного Восточно-Коунрадского месторождения (Казахстан) [2, 8].

**Заключение.** Анализ данных мониторинговой системы рудника Кумтор позволяет отметить следующее.

1. Мониторинговая система рудника работает надежно и по точности обеспечивает своевременный и качественный контроль

деформированного состояния массива горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

2. Существующая методика обработки и интерпретация результатов мониторинга, косвенность принятого на руднике прогностического критерия безопасности смещений массива горных пород не позволили предсказать и предупредить наступления катастрофического обрушения 2002 года на руднике.

3. За несколько дней до обрушения смещения массива горных пород существенно отличались от ранее наблюдаемых и носили скачкообразный, знакопеременный (по смене направления смещения) характер, что свидетельствовало о начале проявления генетических остаточных напряжений, которые впоследствии обуславливали динамическое взрывоподобное разрушение горных пород в виде горного удара.

4. Процесс обрушения, со слов очевидцев и по заключению комиссии, длился не более десяти секунд и состоял из двух фаз. Первая фаза длилась около трех секунд и характеризовалась выбросом (стрельяние) камней из борта карьера на участке, расположенном на высоте порядка 70÷100 м от нижней границы обрушения. Вторая фаза характеризовалась полным «содроганием» поверхности породного массива в зоне обрушения и мгновенным его сходом (порядка 7 миллионов тонны пород с высокой степенью измельчения).

В заключение следует отметить, что для более полного понимания главных причин и механизма тектонических горных ударов и техногенных землетрясений, и для эффективного решения проблем их прогноза, снижения риска необходимы дальнейшие исследования остаточных напряжений горных пород удароопасных месторождений.

### **Литература**

1. Авершин С.Г. Горные удары. – М.: Углетехиздат, 1959. – 234 с.
2. Тажибаев К.Т. Условия динамического разрушения горных пород и причины горных ударов. – Фрунзе: Илим, 1989. – 179 с.
3. Айтматов И.Т., Тажибаев К.Т. Результаты определения остаточных напряжений в гранитах Восточно-Коунрадского месторождения // Напряженное состояние горных пород и их разрушения. – Фрунзе: Илим, 1986.
4. Петухов И.М. Горные удары на угольных шахтах. – Л.: Недра, 1972.
5. Айтматов И.Т., Тажибаев К.Т. Явление скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах: Диплом на научное открытие (Диплом № 90, № А-109 от 29.04.1998 г.), выданный Международной Ассоциацией авторов научных открытий и Российской Академией естественных наук (Москва), 1998// Потоцкий В.В. Регистрация научных открытий (методология и практика). – М.: МААНОИ, 2004- 356 с.
6. Шрепп Б.В., Квочкин В.А., Бояркин В.И. и др. Исследование закономерностей динамических явлений в зоне влияния очистных работ Таштагольского рудника // Прогноз и предотвращение горных ударов при разработке рудных месторождений:

Материалы 5-го координационного совещания по проблеме горных ударов на рудных месторождениях. – Фрунзе, 1986. – С. 67–68.

7. Тажибаев К.Т. О причинах и механизме горных ударов и землетрясений // Исследование, прогноз и предотвращение горных ударов: Материалы IX Всесоюзной конференции по механике горных пород. – Бишкек, 1991. – С. 139–167.

8. Тажибаев К.Т. Напряжения, процессы деформации и динамического разрушения горных пород: в 2-х томах. Т.1 –Бишкек, «Алтын Принт». -2016. –С.352.

## References

1. Avershin S.G. Rock bursts. - M.: Ugletekhnizdat, 1959.- 234 p.

2. Tazhibayev K.T. The conditions of the dynamic destruction of rocks and the causes of rock bursts. - Frunze: Ilim, 1989.- 179 p.

3. Aitmatov I.T., Tazhibayev K.T. Results of determination of residual stresses in granites of the East Kounradskoye deposit // Stressed state of rocks and their destruction. - Frunze: Ilim, 1986.

4. Petukhov I.M. Rock bursts in coal mines. - L : Nedra, 1972.

5. Aitmatov I.T., Tazhibayev K.T. The phenomenon of spasmodic release of residual stresses in rocks: Diploma for scientific discovery (Diploma No. 90, No. A-109 of 04.29.1998), issued by the International Association of Authors of Scientific Discoveries and the Russian Academy of Natural Sciences (Moscow), 1998. // Pototsky V.V. Registration of scientific discoveries (methodology and practice). - M.: MAANOI, 2004.-- 356 p.

6. Shrepp B.V., Kvochkin V.A., Boyarkin V.I. et al. Investigation of the laws of dynamic phenomena in the zone of influence of the Tashtagol mine treatment works // Forecast and prevention of rock bursts in the development of ore deposits: Materials of the 5th coordination meeting on the problem of rock bursts in ore deposits. - Frunze, 1986. - S. 67–68.

7. Tazhibayev K.T. On the causes and mechanism of rock bursts and earthquakes // Research, forecast and prevention of rock bursts: Materials of the IX All-Union Conference on Rock Mechanics. - Bishkek, 1991.-- S. 139–167.

8. Tazhibayev K.T. Stresses, processes of deformation and dynamic destruction of rock: in 2 volumes. T.1 - Bishkek, Altyn Print. 2016. –С.352.

UDC 622.02: 622 831.32

## Summary

*Tazhibayev, K. T., K. Kozhogulov H, Tazhibayev, D. K.*

*(<sup>1</sup> Institute of geomechanics and subsoil development Of the national Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek)*

*About the possibility of a mining strike, its forecasts and warnings during open mining of ore deposits*

*The geomechanical conditions of tectonic rock bursts characteristic of ore shock-hazardous ore deposits developed in open pit mining, in particular, a rock bursts that occurred at the Kumtor mine, are analyzed. The recommendations of forecasting tectonic rock bursts during the development of open-cast mineral deposits are substantiated. New prognostic indicators of the potential danger of tectonic rock bursts are proposed.*

*Key words: residual stress, rock burst, rock, shock hazard, quarry, monitoring, deformation, fracture, forecast.*



**Токсаров В.Н., Бельтюков Н.Л., Ударцев А.А., Паньков И.Л.**  
(«ГИ УрО РАН», г. Пермь)

## **НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СКАЛЬНЫХ ТРЕЩИНОВАТЫХ МАССИВОВ**

*Аннотация. На примере рудника Жомарт проведен анализ результатов измерения напряжений в скальном трещиноватом массиве. Экспериментами установлено, что нарушенное строение массивов обуславливает скачкообразный характер распределения напряжений, как в целиках, так и в нетронutom массиве. При этом в приконтурной части массива могут присутствовать не только сжимающие, но и растягивающие напряжения.*

*Ключевые слова: Приконтурный массив, напряжение, целик, нетронутый массив, блочно-иерархическое строение, трещиноватость.*

Одним из фундаментальных свойств геологической среды является ее неоднородность. Модель природной геологической среды можно представить в виде системы, состоящей из нескольких уровней; на каждом таком уровне имеется своя структурная организация слагающих ее элементов, т.е. эта система является иерархической. В простейшем виде система содержит внутризерновые уровни, уровни зерен, агрегатов зерен, слоев, пачек слоев, блоков. Такая иерархическая структурная неоднородность среды порождает неоднородное поле напряжений, которое концентрируется на неоднородностях разных уровней структурной организации [1].

Величины действующих начальных напряжений в каком-либо конкретном структурном блоке массива пород будут определяться его положением в системе других блоков более низкого ранга и параметрами напряжённого состояния на границах структурных блоков каждого из более низких рангов []. Вполне естественно, что задача определения начального напряжённого состояния при такой постановке становится весьма сложной.

Рассмотрим опыт оценки напряженного состояния блочного массива на примере меднорудного месторождения Жаман-Айбат [2].

Определение напряжений в нетронutom массиве рудника Жомарт проводилось с использованием метода щелевой разгрузки. Сущность метода заключается в локальной разгрузке массива путем создания в стенке выработки прямоугольной щели [3, 4]. Разгрузочные щели пропиливались цепным бензорезом. Ширина щели равнялась 400 мм, глубина – 200 мм. Измерение деформаций производилось на базе 300 мм. Напряжения на контуре рассчитывались по формуле, приведенной в [4].





Чередование отрицательных и положительных приращений напряжений в стенках выработок отмечается в работе [6]. В процессе контроля напряжений скважинными оптическими датчиками установлено наличие зон сжимающих и растягивающих напряжений.

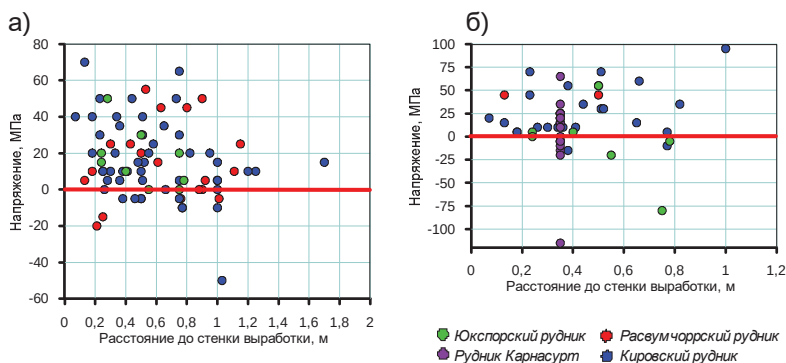


Рис. 2. Распределение минимальной компоненты напряжений, действующих параллельно стенкам (а) и кровле (б) выработок

Осредненные результаты определения напряжений методом целевой разгрузки в табл. 1.

Таблица 1 - Средние значения напряжений на контуре экспериментальных выработок

| Номер экспериментального участка | Вертикальные напряжения, МПа | Горизонтальные напряжения, МПа |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| I                                | 19,9                         | 12,9                           |
| II                               | 9,2                          | 11,3                           |
| III                              | 12,5                         | 14,3                           |

Для измерения напряжений в целиках рудника Жомарт использовался эффект акустоэмиссионной памяти пород при нагружении околоскважинного пространства [5]. Суть метода заключается в следующем. Вначале осуществляется локальная разгрузка участка массива посредством бурения скважины. Затем проводится восстановление исходного напряжённого состояния путем нагружения стенок скважины гидродомкратом с одновременной регистрацией параметров акустической эмиссии (АЭ). За напряжения, действующие в массиве, принимается давление, при котором происходит скачкообразное увеличение интенсивности акустической эмиссии (эффект Кайзера).

Измерения напряжений в междукammerном и барьерном целиках проводились в пределах панели 47. Расстояние между осями барьерных целиков на панели составляет 128 м. Ширина барьерных целиков – 40 м. Сетка расположения междукammerных целиков 19×19 м. Размеры междукammerных целиков – 10×10 м, при мощности отработки до 13 м. Глубина разработки составляет 605 – 610 м, мощность рудного тела в среднем составляет – 7–9 м.

Массив целиков характеризуется наличием большого количества трещин. Размер элементарного блока в целике не превышает  $0,15 \div 0,2$  м (рис. 3, 4).



Рис. 3. Стенка барьерного целика



Рис. 4. Междукammerный целик

Осредненные результаты измерений вертикальных напряжений в целиках приведены на рис. 5.

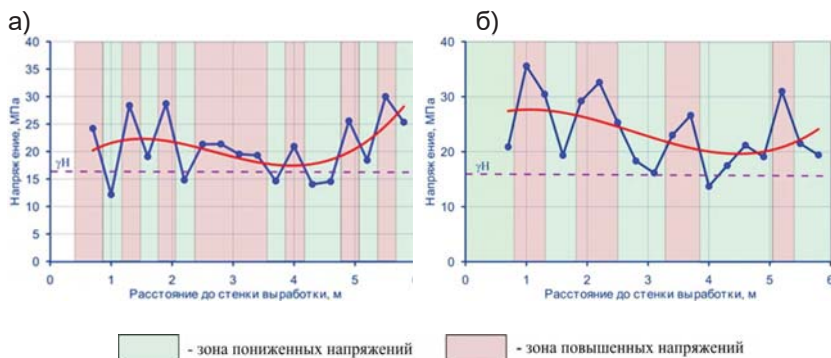


Рис. 5. Распределение средних вертикальных напряжений по сечению междукammerного и барьерного целика на панели 47

Экспериментами установлено, что распределение вертикальных напряжений по сечению барьерного целика имеет скачкообразный характер (рис. 4, а). Величина вертикальных напряжений колеблется в диапазоне от 15–20 до 30–35 МПа. Расстояние между локальными максимумами и минимумами напряжений, составляет 1,0–1,5 м. Такой характер распределения напряжений свидетельствует о делении краевой части барьерного целика на отдельные блоки со стороной ребра 1,0–1,5 м.

Скачкообразный характер изменения вертикальных напряжений наблюдается и в междукammerном целике, что также объясняется блочным строением массива. Размер отдельностей, которые формируются в междукammerном целике несколько ниже, чем в барьерном целике и составляет 0,3–0,4 м (рис. 4, б).

### **Выводы.**

1. Трещиноватая структура скальных массивов порождает неоднородное поле напряжений, которое концентрируется на неоднородностях разного размера. В окрестности подземных выработок, пройденных в нарушенных скальных породах, могут присутствовать как сжимающие, так и растягивающие напряжения.

2. Подвижность массивов блочного строения обусловлена тем, что деформация складывается из перемещения блоков друг относительно друга и деформации самих блоков. В массивах блочного строения при деформировании возникают цепочки блоков, несущих нагрузку, создающих внутри тела каркас, который сопротивляется изменению формы тела [8]. Другая часть блоков остается слабонапряженной или вовсе свободной от нагрузки. Перестройка каркасной структуры сопровождается динамическими процессами, возбуждающими упругие колебания во всем массиве.

### **Литература**

1. Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С. Введение в тектонофизику. Учебное пособие. Москва: КДУ, 2005.

2. Асанов В.А., Токсаров В.Н., Бельтюков Н.Л., Самоделкина Н.А., Бельтюков Н.Л., Ударцев А.А. Оценка напряженно-деформированного состояния нетронутого массива на месторождении Жаман-Айбат / Вестник ПНИПУ: Геология. нефтегазовое и горное дело, 2014, № 12.

3. Барях А. А., Еремина Н.А., Асанов В.А. Интерпретация результатов щелевой разгрузки // Проблемы безопасности при эксплуатации месторождений полезных ископаемых в зонах градопромышленных агломераций.- Екатеринбург.: ГИ УрО РАН, 1997.- с. 17-22.

4. Барышников В.Д., Болтенгаген И.Л., Коврижных А.М. Определение напряжений методом щелевой разгрузки / Геодинамика и напряженное состояние недр Земли. Новосибирск. 2004.

5. Токсаров В.Н., Шамганова Л.С., Асанов В.А., Бельтюков Н.Л., Ударцев А.А. Оценка напряженного состояния целиков на руднике Жомарт // Научно-техническое

обеспечение горного производства: материалы междунар. науч.-практ. конф., Алматы: ИГД им. Д. А. Кунаева, 2015.

6. Щуплецов Ю.П. Прочность и деформируемость скальных массивов.- Екатеринбург: УрО РАН, 2003.

7. Марков Г.А. Тектонические напряжения и горное давление в рудниках Хибинского массива.- Л.: Наука, 1977.

8. Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М. Основы геомеханики.- М.: Недра, 1986.

## References

1. Goncharov M.A., Talickij V.G., Frolova N.S. Vvedenie v tektonofiziku. Uchebnoe posobie. Moskva: KDU, 2005. (in Russ.)

2. Asanov V.A., Toksarov V.N., Bel'tyukov N.L., Samodelkina N.A., Bel'tyukov N.L., Udarcev A.A. Ocenka napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya netronutogo massiva na mestorozhdenii ZHaman-Ajbat / Vestnik PNIPU: Geologiya. neftegazovoe i gornoe delo, 2014, № 12. (in Russ.)

3. Baryah A. A., Eremina N.A., Asanov V.A. Interpretaciya rezul'tatov shchelevoj razgruzki // Problemy bezopasnosti pri ekspluatcii mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh v zonah gradopromyshlennyh aglomeracij.- Ekaterinburg.: GI UrO RAN, 1997.- s. 17-22. (in Russ.)

4. Baryshnikov V.D., Boltengagen I.L., Kovrizhnyh A.M. Opredelenie napryazhenij metodom shchelevoj razgruzki / Geodinamika i napryazhennoe sostoyanie neдр Zemli. Novosibirsk. 2004. (in Russ.)

5. Toksarov V.N., SHamganova L.S., Asanov V.A., Bel'tyukov N.L., Udarcev A.A. Ocenka napryazhennogo sostoyaniya celikov na rudnike ZHmart / // Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie gornogo proizvodstva: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Almaty: IGD im. D. A. Kunaeva, 2015. (in Russ.)

6. SHChuplecov YU.P. Prochnost' i deformiruemost' skal'nyh massivov.- Ekaterinburg: UrO RAN, 2003. (in Russ.)

7. Markov G.A. Tektonicheskie napryazheniya i gornoe davlenie v rudnikah Hibinskogo massiva.- L.: Nauka, 1977. (in Russ.)

8. Rodionov V.N., Sizov I.A., Cvetkov V.M. Osnovy geomekhaniki.- M.: Nedra, 1986. (in Russ.)

UDC 622.83

## Summary

Toksarov V. N., Beltyukov N. L., Udarcev A. A., And Pan'kov, I. L.  
("MI UrB RAS" Perm)

### THE STRESS STATE IN THE FRACTURED ROCK MASSIFS

*For example, mine Zhmart analysis of the results of measurement of stresses in the fractured rock mass. Experiments have found that the disturbed structure of the arrays causes a discontinuous nature of the stress distribution, both in the cells and in the intact array. At the same time, not only compressive but also tensile stresses can be present in the contouring part of the array.*

*Key words: in-Circuit array voltage, pillar, untouched array, hierarchical block structure, fracture.*

**Мальшакова Н.И., Толысбаев А.К., Жараспаев М.А.**  
(ТОО «Корпорация Казахмыс», г. Жезказган)

## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ К МАСШТАБНОЙ ПОВТОРНОЙ ОТРАБОТКЕ.**

### *Аннотация*

*В данной статье приведены особенности перехода Жезказганского месторождения на масштабную повторную отработку. Показана определяющая роль геомеханического сопровождения горных работ, начиная с проектирования повторной отработки и непосредственно при текущем ведении работ, а также при краткосрочном и перспективном планировании развития повторной отработки с планомерным, управляемым погашением пустот на месторождении.*

*Ключевые слова: камерно-столбовая система разработки, отработка целиков, погашение подземных пустот посадкой кровли, налегающей толщи.*

Значительные запасы Жезказганского месторождения оставлены в целиках, поскольку на протяжении всего срока промышленной эксплуатации - 80 лет - разработка велась с применением камерно-столбовой системы. На верхних горизонтах на глубине 100-150 м запасы в целиках относительно невысокие, однако с увеличением глубины разработки (на настоящее время до 650 м) поддержание налегающей толщи требовало по условиям горного давления оставления целиков увеличенных размеров. Увеличенные размеры целиков принимались и на участках под охраняемыми сооружениями и коммуникациями. Непосредственно, сама камерно-столбовая система разработки, начиная с 60-х годов, модернизирована генпроектировщиком (институтом Гипроцветмет, г. Москва) за счет введения нового конструктивного элемента - барьерных ленточных целиков для разбивки рудного тела в плане на панели с интервалом через 150 м. В целом, все проектирование отработки Жезказганского месторождения камерно-столбовой системой ведется и регламентируется по «Инструкциям», разработанным под руководством д.т.н. Ю.И. Чабдаровой (ИГД имени Д.А. Кунаева) на основании многолетних геомеханических исследований на рудниках Жезказгана.

Базой для проведения масштабной повторной разработки на настоящее время являются внедренные и освоенные на месторождении технологические схемы отработки целиков по двум вариантам - с заходом людей в открытое выработанное пространство и из полевых выработок. Данные схемы предусматривают погашение пустот за счет пошагового обрушения кровли и налегающей толщи в процессе выемки целиков.

До сих пор повторная отработка выполнялась, в основном, в пределах локальных участков. На этапе масштабной повторной

отработки месторождения задействуются многократно увеличенные площади и процессы погашения пустот обрушением неизбежно будут связаны с образованием участков с высокой концентрацией горного давления или с образованием зависающих консолей налегающей толщи. Горно-геомеханическая обстановка по участкам, их взаимовлияние постоянно изменяются в пространстве и времени и, особенно в условиях многоярусных перекрывающихся пустот с большим сроком их существования (десятки лет). Значение геомеханического сопровождения горных работ в таких условиях резко возрастает. Основными направлениями данного сопровождения являются:

- текущий геомеханический мониторинг по безопасному ведению работ непосредственно по рабочим забоям, панелям (шахтные визуальные обследования, непрерывное автоматизированное отслеживание сейсмических событий по проявлению горного давления и ответное реагирование специалистов геомехаников по полученным данным, в том числе изменение параметров, порядка отработки, переход на сейсмосниженные паспорта БВР и др.);

- геомеханические обоснования развития фронта повторной отработки и погашения участков обрушением по месторождению в рамках планирования горных работ в текущем порядке, а также на ближайший год и на перспективу (аналитический анализ, расширение исследований по горному давлению и механике горных пород в условиях погашения обширных подземных пустот, в том числе перекрывающихся, сближенных, многоярусных);

- геомеханическое обоснование по охраняемым «Коридорам безопасности» для коммуникаций и сооружений на поверхности и требованиям по ведению горных работ на примыкании к ним.

Переориентирование горных работ на повторную отработку проводится в рамках принятого Постановления Правительства РК от 3 ноября 2011г. №1283 «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ КОМПЛЕКСНОГО ПЛАНА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ ЖЕЗКАЗГАН, САТПАЕВА И УЛЫТАУССКОГО РАЙОНА КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА 2012-2017 годы» (продлено до 2020г.), предусматривающего переселение жилых поселков с территории горного отвода рудников и перенос инженерных коммуникаций за зону влияния горных работ.

**Тулганбаева А.М.<sup>1</sup>, Шамганова Л.С.<sup>2</sup>, Балтиева А.А.<sup>2</sup>,  
Съедина С.А.<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>ТОО «Востокцветмет», г. Усть-Каменогорск, <sup>2</sup>ИГД им. Д.А. Кунаева,  
г. Алматы)

## **ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МАССИВА В ШАХТНЫХ УСЛОВИЯХ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОО «ВОСТОКЦВЕТМЕТ»**

*Аннотация. В данной статье приведен опыт сотрудничества ТОО «Востокцветмет» и ИГД им. Д.А. Кунаева. Были разработаны трехмерные геомеханические модели Артемьевского, Орловского и Иртышского месторождений.*

*Основная цель работы заключалась в проведении исследований для получения новых данных о свойствах и состоянии массива горных пород с целью установления закономерности их распределения.*

*Ключевые слова: геомеханическая модель, подземный рудник, геологическая модель, горная выработка, геотехнические данные*

**Введение.** В настоящее время для горнодобывающей промышленности Казахстана ключевым трендом является переход на новый технологический уровень в соответствии с концепцией Индустрии 4.0. Только 21 % всех месторождений в стране оснащен современным оборудованием и развитыми сетями передачи данных, существенная часть месторождений до сих пор нуждается в модернизации. Государственная программа «Цифровой Казахстан» [1] рассчитана для реализации до 2022 года. Задачей горного производства является цифровизация промышленности и рост производительности труда до 39%.

Производство горных работ при разработке месторождений сопровождается геомеханическими процессами, происходящими в массивах по мере углубки и формирования выбранного пространства. Для эффективного и безопасного функционирования горнорудных предприятий необходима достоверная, оперативная и максимально полная информация о недрах. Достижение этой цели возможно путем создания трехмерных геомеханических моделей месторождения. В странах дальнего зарубежья (в ЮАР, Чили, Канаде) использование геомеханических моделей получило широкое применение при обосновании параметров отработки месторождений. Созданные геомеханические модели позволяют геомеханической службе в полной мере оценивать состояние массива горных пород [2].

В 2016 году ИГД им. Кунаева для ТОО ВЦМ были разработаны трехмерные геомеханические модели по трем месторождениям: Артемьевское, Орловское и Иртышское. Было выполнено обследование



выработанного пространства и полевые исследования (картирование) по данным месторождениям. Полевые исследования проводились для получения новых данных о свойствах и состоянии массива, с целью установления закономерности распределения свойств массива и научного обобщения собранных данных в виде геомеханических моделей.

**Разработка базовых геомеханических моделей.** Создание геомеханической трехмерной модели включает в себя несколько основных этапов: проведение исследований для получения данных о свойствах и состоянии массива горных пород; создание 3D геологической и структурной моделей месторождения; создание 3D геомеханической модели месторождения на основе геологической, структурной моделей и полученных данных по измерению параметров массива, обработки результатов инженерно-геологической документации, по значениям физико-механических свойств горных пород, руды и т. д. [3].

Натурные исследования были выполнены способом геотехнического картирования подземных горных выработок методом окон. Цель выполненного геотехнического картирования заключалась в сборе геотехнических данных из подземных обнажений для их использования при [4]:

1. Разработке 3-х мерной геомеханической блочной модели рудника.
2. Выполнении анализов устойчивости подготовительных и очистных выработок.
3. Оценке устойчивости массива по Q рейтингу и RMR.

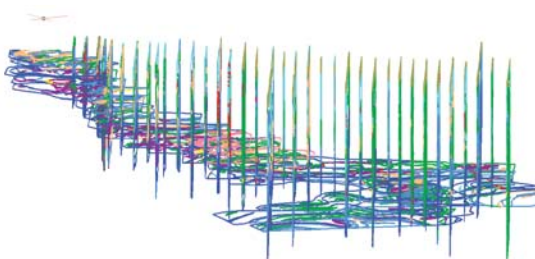
Выполнены: анализ по основным ориентациям систем трещин и результатам картирования, эмпирическое проектирование очистных камер с помощью графического метода расчета устойчивости Мэтьюза-Потвина, тщательный анализ геотехнических данных по имеющимся каркасам минерализации. Каждому геотехническому домену были присвоены представительные расчетные параметры для определения рейтинга устойчивости Q и RMR.

*Создание каркасной модели.* Создание каркасной геологической модели достаточно трудоемкий процесс, включающий в себя несколько этапов.

Для Казахстана, как и ряда стран СНГ, все еще характерно хранение огромного количества графической информации в бумажном виде. При подготовке геологических данных для месторождений основная информация была получена по графическим материалам, таким как: топография поверхности месторождения; геологические планы и разрезы с нанесением контуров рудных тел, литологических и стратиграфических границ, тектонических нарушений и т.п. [5]. Поэтому для моделирования каркасных геологических моделей была выполнена оцифровка растровых данных, и посадка всех оцифрованных чертежей в систему координат рудника в формате 3D (см. рис. 1).



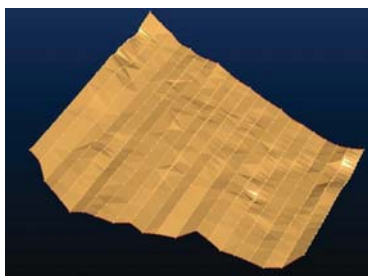
а) оцифрованный  
разрез по профилю 41



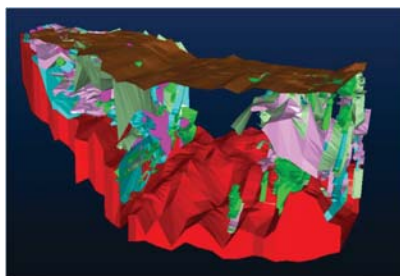
б) Планы горизонтов и разрезы по профилям в  
системе координат

Рисунок 1 – Артемьевское месторождение

Каркасы пород создавались поочередно. На рисунке 2а представлен пример готового каркаса глины, процесс создания каркасной литологической модели представлен на рисунке 2б.



а) готовый каркас глины



б) создание каркасной  
литологической модели

Рисунок 2 – Литологическая модель Артемьевского месторождения

*Создание блочной модели.* Блочная модель месторождения представляет собой совокупность трехмерных блоков (кубических, разной величины (субблоки)) в пространстве, с присущими атрибутами блоков и базируется на двумерной таблице данных, в которой по строкам расположены пронумерованные блоки, а по столбцам их атрибуты (характеристики) (см. рисунок 3).

Рисунок 3 - Табличный вид блочной модели Артемьевского месторождения

Часть атрибутов (такие как ID блока, его пространственные координаты, протяженность по пространственным координатам) являются системными, и конечный пользователь с ними напрямую не работает. Остальные атрибуты (такие как тип пород в блоке, удельный вес, содержание полезного ископаемого в процентах или массовое, различные разведочные данные и т.д.) являются пользовательскими и несут основную рабочую функцию модели. Количество пользовательских атрибутов в модели количественно не ограничено. По данным атрибутам могут вестись различные подсчеты и/или исследования месторождения (статистические исследования, подсчет запасов в контурах-камерах, подсчет запасов по бортовому содержанию, оптимизация коэффициента вскрыши-пустых пород, стратегическое и среднесрочное планирование-оптимизация горных работ и многое другое).

Разработка блочной модели Артемьевского месторождения выполнена в среде CAE Datamine Studio 3.0. Создание блочной модели осуществлялось двумя методами:

а) каркасным моделированием:

- непосредственным заполнением замкнутых твердотельных трехмерных структур: «солоидов»-каркасов каких-либо тел (например, замкнутых тел литологии);
- в случае моделирования не каркасов, а поверхностей (не замкнутых трехмерных структур), блоки заполнялись следующим образом: над и под поверхностью, а также между поверхностями (при моделировании двух поверхностей – создание слоев);

б) геостатистическим моделированием (интерполяцией) каких-либо данных.

Создание блочной модели укрупненно разделяется на несколько этапов [6]:

1. Определение прототипа блочной модели.
2. Заполнение (создание) блочной модели, для каждой из моделируемых трехмерных структур.
3. Создание необходимых блочных моделей геостатистическими методами.
4. Сложение созданных моделей на этапе 2 и 3 в единую модель.
5. Математическое моделирование атрибутов созданных блоков (изменение, создание новых на основе математических операций с уже присутствующими).

Перечисленные методы позволяют создавать необходимую блочную геомеханическую модель месторождения, но данные, по которым создается блочная модель актуальны лишь на момент создания модели и при их изменении требуется соответствующее внесение изменений в исходную базовую модель. В результате для актуализации модели ставится задача соответствующей автоматизации. В следствии чего для актуализации, разработанной базовой геомеханической модели была предусмотрена «Инструкция по ведению, актуализации и применению геомеханической модели месторождения», которая содержит макросы по созданию: литологической модели месторождения и значений рейтингов.

**Заключение.** В процессе выполнения исследований получены следующие результаты:

1. Для обеспечения подземного технического исследования по месторождениям ТОО «Востокцветмет» были выполнены геотехнические анализы.

2. Все геотехнические данные, собранные в ходе проведения настоящей научно-исследовательской работы, а также данные предыдущих исследований были использованы для создания базовых геомеханических моделей месторождений. Выполнены анализы всей информации по замерам в разных литологических разностях и рассчитаны средне-минимальные значения, которые в последствии были продублированы для каждой литологической разности.

3. Созданы подробные литологические каркасные модели месторождений на основе полученных растровых изображений планов и разрезов рудников.

4. На основе литологических каркасных моделей были разработаны блочные литологические модели месторождений. Для актуализации данной модели был прописаны и предоставлены макросы, позволяющие автоматически создавать новые блочные литологические модели при имеющихся обновленных данных.

5. Базовые геомеханические модели разработаны на основе блочных литологических моделей и полученных результатов данных картирования. Для актуализации геомеханических моделей были

прописаны и предоставлены макросы, позволяющие автоматически обновлять модель при получении новых геотехнических данных.

6. Для сбора геотехнических данных, необходимых при пополнении базовых геомеханических моделей, специально разработаны инструкции по сбору геотехнических данных и актуализации моделей.

### Литература

1. Госпрограмма «Цифровой Казахстан» утверждена постановлением Правительства РК №827 от 12.12.2017

2. Съедина С.А., Балтиева А.А., Шамганова Л.С. Разработка 3D геомеханических моделей для подземных рудников и карьеров. Проблемы недропользования, №1, 2018 г. Россия, Екатеринбург, ISSN 2313-1586.

3. Svetlana Sedina, Nagimapany Berdinova, Lyazzat Shamganova, Evgeniy Kalyuzhnyy. Geomechanical support the stability of dip open-pits. XIX International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Albena, Bulgaria. 2019. p. 265-272.

4. Шамганова Л.С., Бердинова Н.О., Съедина С.А. «Проблемы геомеханического обеспечения устойчивости глубоких карьеров». Сборник Международной научно-практической конференции «Инновации в области естественных наук как основа экспортоориентированной индустриализации Казахстана». Алматы, 2019 г. стр. 222-228.

5. Мухаметкалиев Б.С., Калюжный Е.С., Съедина С.А., Абдибеков Н.К. Геомеханическое обеспечение устойчивости бортов карьера при увеличении глубины отработки. Горный журнал, №4, 2018 г. АО «Издательский дом «Руда и Металлы». ISSN 00172278, IF 0,3.

6. Съедина С.А., Шамганова Л.С., Балтиева А.А. К вопросу создания геомеханической модели месторождения. Инновационные технологии в геодезии, маркшейдерии и геотехнике, 2017 г., Караганда, ISBN 978-601-315-325-325-4.

### References

1. Gosprogramma «Tsifrovoy Kazakhstan» utverzhdena postanovleniyem Pravitel'stva RK №827 от 12.12.2017

2. S'yedina S.A., Baltiyeva A.A., Shamganova L.S. Razrabotka 3D geomekhanicheskikh modeley dlya podzemnykh rudnikov i kar'yero. Problemy nedropol'zovaniya, №1, 2018 g. Rossiya, Yekaterinburg, ISSN 2313-1586.

3. Svetlana Sedina, Nagimapany Berdinova, Lyazzat Shamganova, Evgeniy Kalyuzhnyy. Geomechanical support the stability of dip open-pits. XIX International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Albena, Bulgaria. 2019. p. 265-272.

4. Shamganova L.S., Berdinova N.O., S'yedina S.A. «Problemy geomekhanicheskogo obespecheniya ustoychivosti glubokikh kar'yero». Sbornik Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsii v oblasti yestestvennykh nauk kak osnova eksportooriyentirovannoy industrializatsii Kazakhstana». Almaty, 2019 g. str. 222-228.

5. Mukhametkaliyev B.S., Kalyuzhnyy Ye.S., S'yedina S.A., Abdibekov N.K. Geomekhanicheskoye obespecheniye ustoychivosti bortov kar'yera pri uvelichenii glubiny otrabotki. Gornyy zhurnal, №4, 2018 g. AO «Izdatel'skiy dom «Ruda i Metally». ISSN 00172278, IF 0,3.

6. S'yedina S.A., Shamganova L.S., Baltiyeva A.A. K voprosu sozdaniya geomekhanicheskoy modeli mestorozhdeniya. Innovatsionnyye tekhnologii v geodezii, marksheyderii i geotekhnike, 2017 g., Karaganda, ISBN 978-601-315-325-325-4.

### **Резюме**

Тулғанбаева А.М.<sup>1</sup>, Шамганова Л.С.<sup>2</sup>, Балтиева А.А.<sup>2</sup>,  
Сьедина С.А.<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> ЖШС «Востокцветмет», Өскемен қ., <sup>2</sup> Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты Алматы қ.)

*"Востокцветмет" ЖШС кен орындары мысалында шахта жағдайында массивті геомеханикалық бағалауға арналған сандық технологиялар»*

Бұл мақалада "Востокцветмет" ЖШС және Д.А. Қонаев атындағы тау-кен істері институты ынтымақтастық тәжірибесі келтірілген. Артемьев, Орлов және Ертіс кен орындарының үш өлшемді геомеханикалық модельдері өзірленді.

Жұмыстың негізгі мақсаты тау жыныстары массивінің қасиеттері мен жай-күйі туралы жаңа мәліметтер алу үшін олардың таралу заңдылықтарын анықтау мақсатында зерттеулер жүргізу болып табылады.

Түйінді сөздер: геомеханикалық модель, жер асты кеніші, геологиялық модель, тау-кен өндірісі, геотехникалық деректер.

UDC 622

### **Summary**

Tulganbaeva A. M.<sup>1</sup>, Shaganova L. S.<sup>2</sup>, Baltiyeva. A. A.<sup>2</sup>,  
Sedina S.A.<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> LLP "Vostoktsvetmet", Ust-Kamenogorsk, <sup>2</sup> Mining Institute named after D.A. Kunayev, Almaty)

*Digital technology for geomechanical assessment of the array in the mine conditions on the example of the fields of IIP "east region»*

This article describes the experience of cooperation between Vostoktsvetmet LLP and the IGD named after D.A. Kunayev. Three-dimensional geomechanical models of the Artemyevsky, Orlovsky and Irtyshsky deposits were developed.

The main goal of the work was to conduct research to obtain new data on the properties and condition of the rock mass in order to establish the laws of their distribution.

Keywords: geomechanical model, underground mine, geological model, mining, geotechnical data.

**Низаметдинов Ф. К., Низаметдинов Р. Ф.**

**Геомеханическая основа создания крутых откосов  
уступов при отработки нижних горизонтов карьеров**

Современный этап развития горнодобывающей промышленности в Республике Казахстан характеризуется увеличением мощностей предприятий, более сложными горно-геологическими условиями эксплуатации месторождений, внедрением новой техники и инновационных технологий разработки. Произошли глобальные перемены, связанные с внедрением информационных технологий, новейшего электронного и сканирующего лазерного оборудования и спутниковых технологий. Масштабы современного горнодобывающего производства требуют углубленного изучения и постоянного контроля за происходящими в горном массиве геомеханических процессов, особенно при создании крутых бортов карьеров. Увеличение глубины и объемов, открытых горных работ, усложнение инженерно-геологических условий разработки месторождений определяют качественно новый подход к обеспечению устойчивости бортов карьеров (рисунки 1,2). Этим целям наиболее полно соответствует концепция геомеханического мониторинга состояния карьерных откосов [2], которая предусматривает системный подход к решению всех составляющих задач и вопросов, комплексный учет и анализ всех природных и техногенных факторов (рисунок 3).



Рисунок 1– Масштабы горных работ открытым способом



Рисунок 2 – Оперативный способ контроля состояния прибортовых массивов на карьерах

При решении вопросов обеспечения устойчивости карьерных откосов исходной информацией являются физико-механические характеристики горных пород, которые определяются в лабораторных и натурных условиях, методом обратных расчетов оползней и обрушений, а также косвенным методом [3, 4]. Разработаны методы расчета по оценке



устойчивости откосов уступов и бортов карьеров как в изотропной, так и в анизотропной средах.

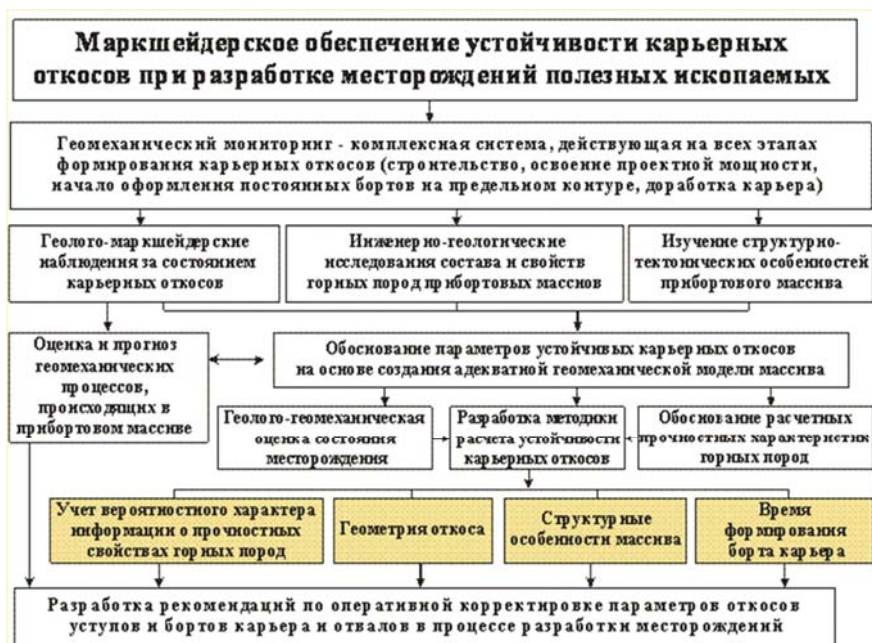


Рисунок 3 – Структурная схема геомеханического обеспечения устойчивости крутых бортов карьеров

Системы геомеханического мониторинга состояния карьерных откосов созданы и апробированы специалистами кафедры маркшейдерского дела и геодезии им. член-корр. НАН РК Попова И.И. при КарГТУ на более чем 30 карьерах Казахстана: «Ушкатын-Ш», «Западный», «Жомарт», «Тур», «Восточный камыс», «Николаевский», «Соколовский», «Сарбайский», «Качарский», «Конырат», «Варваринский Центральный», «Аппыс», «Абыз», «Космурун», «Акчий Спасский», «Малый Спасский», «Акжалский», на Чиганакских карьерах №1 и №2, на Дальнезападных карьерах №1 и №2; на угольных разрезах «Богатырь», «Молодежный», «Куу-Чекинский», «Каражыра», на Шубаркольских разрезах «Центральный», «Западный» и т.д. Опыт инструментальных наблюдений за состоянием прибортовых массивов карьеров в Казахстане (150 наблюдательных станций) позволил разработать и внедрить методику высокоточных наблюдений с использованием современного электронного оборудования.



Использование при инструментальных наблюдениях электронного тахеометра позволяет определять положение рабочих реперов и построить картину векторного смещения реперов в пространстве и во времени. В рамках проведенных исследований разработаны различные схемы наблюдательных станций, учитывающие максимальное удаление рабочего репера от опорного, для обеспечения необходимой точности измерений.

Инновационный подход осуществляется и на Васильковском карьере ТОО «Алтынтау Кокчетау», где была внедрена автоматизированная система GEOMOS для мониторинга состояния откосов в режиме реального времени. По двум профильным линиям, заложенным в южном борту карьера, установлено 14 точек мониторинга. На западном борту были заложены 2 профильные линии с 14 точками (8 точек по линии 3, 6 точек по линии 4). На всех точках установлены отражатели для автоматического снятия отчетов системой GEOMOS (рисунок 4). В 2019г. внедрена радарная система мониторинга, позволяющая в режиме реального времени оценивать состояние прибортовых массивов.



Рисунок 4 – Система автоматизированного контроля GeoMoS и радар MSR3000 на карьере «Васильковский»

Исследование структуры прибортовых массивов карьеров используется горный сканер (HDS 8800) фирмы «Leica Geosystems» (Швейцария) и георадара «Mala» (Швеция).

На крупных горнодобывающих предприятиях: ТОО «Корпорация «Казахмыс», АО «ССГПО», АО «АрселорМиттал Темиртау», ТОО «Алтынтау Кокшетау» и др. созданы геомеханические службы, которые осуществляют оценку состояния горного массива за счет внедрения инновационных технологий. Таким образом, в настоящее время созданы условия по отработке крутых откосов уступов достигающих 80° на проектных контурах нижних горизонтов, которые находятся, как правило, в крепких коренных породах. Появилась соответствующая техника, технологические схемы заоткоски и имеются оперативные методы контроля состояния прибортовых массивов на карьерах.

## Литература

- 1 Низаметдинов Ф.К. и Низаметдинов Р.Ф. Состояние и перспективы развития геомеханического обеспечения ведения открытых разработок Казахстана//Материалы Международной конференции «*Инновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами*». - Алматы, 2012. - С. 346.
- 2 Ожигин С.Г. Маркшейдерско-геологический мониторинг состояния устойчивости карьерных откосов // *Новости науки Казахстана*. - Алматы: НЦНТИ, 2007. - С. 12-16.
- 3 Попов И.И., Низаметдинов Ф.К., Окатов Р.П. и Долгоносое В.Н. Природные и техногенные основы управления устойчивостью уступов и бортов карьеров. - Алматы, «*Былым*», 1997. - 215с.
- 4 Долгоносов В.Н., Шпаков П.С., Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б. и Старостина О.В. Аналитические способы расчета устойчивости карьерных откосов, - Караганда: «*Санат – Полиграфия*», 2009. - 332с.
- 5 Низаметдинова Ф.К. «Управление устойчивостью техногенных горных сооружений» Монография, Караганда: Изд-во *Российско-Казахстанского университета*, 2014.- 657 с.

## References

- 1 Nizametdinov F.K. i Nizametdinov R.F. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya geomekhanicheskogo obespeche-niya vedeniya otkrytykh razrabotok Kazakhstana//Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii «*Innovatsionnyye tekhnologii sbora i obrabotki geoprostranstvennykh dannykh dlya upravleniya prirodnymi resursami*». - Al-maty, 2012. - S. 346.
- 2 Ozhigin S.G. Marksheydersko-geologicheskii moni-toring sostoyaniya ustoychivosti kar'yernykh otkosov // *Novosti nauki Kazakhstan*. - Almaty: NTSNTI, 2007. - S. 12-16.
- 3 Popov I.I., Nizametdinov F.K., Okatov R.P. i Dol-gonosoye V.N. Prirodnyye i tekhnogennyye osnovy uprav-leniya ustoychivost'yu ustupov i bortov kar'yerov. - Al-maty, «*Bylym*», 1997. - 215s.
- 4 Dolgonosov V.N., Shpakov P.S., Nizametdinov F.K., Ozhigin S.G., Ozhigina S.B. i Starostina O.V. Analitiche-skiye sposoby rascheta ustoychivosti kar'yernykh otkosov, - Karaganda: «*Sanat – Poligrafiya*», 2009. - 332s.
- 5 Nizametdinova F.K. «Upravleniye ustoychivost'yu tekhnogennykh gornyykh sooruzheniy» Monografiya, Karaganda: Izd-vo Rossiysko-Kazakhstanskogo universiteta, 2014.- 657 s.

**Букин А.Н.<sup>1</sup>, Шамганова Л.С.<sup>1</sup>, Токсаров В.Н.<sup>2</sup>**

<sup>(1)</sup>ИГД им. Д.А. Кунаева, г. Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup> ГИ УрО РАН, г. Пермь, Россия)

## **АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕЛИКОВ ПРИ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ СИСТЕМЕ ОТРАБОТКИ**

*Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния несущих элементов камерно-столбовой системы разработки на примере Жезказганского месторождения и месторождения Жаман-Айбат. Экспериментами установлены распределения вертикальных напряжений. Проведен анализ и выявлены основные параметры, влияющие на напряженное состояние целиков*

*Ключевые слов: напряжения, междукамерные целики, физико-механические свойства, метод разгрузки, акустозмиссионная память.*

Эффективность и безопасность разработки месторождения камерно-столбовой системой предопределяется устойчивостью горных выработок, а именно устойчивостью опорных целиков и непосредственной кровли камеры. Для определения рациональных параметров системы разработки необходимо получить информацию о физико-механических свойствах руд и пород, природном поле напряжений, напряженно-деформированном состоянии (НДС) междукамерных (МКЦ), ленточных (ЛЦ) и барьерных целиков (БЦ). Для изучения НДС целиков на месторождении Жаман-Айбат (Казахмыс) были проведены экспериментальные исследования с помощью гидродомкрата Гудмана [1-2]. Для выявления общих закономерностей напряженно-деформированного состояния нами рассмотрены результаты экспериментальных измерений, проведенных ранее на Жезказганском месторождении.

На Жезказганском месторождении в пределах очистной панели методом разгрузки определялось напряжению – деформированное состояние междукамерных целиков. Измерения выполнялись в целиках, расположенных по двум профильным линиям: перпендикулярно оси панельных целиков и по диагонали панели. Экспериментальные скважины бурились в средней по высоте части целиков с отбитой и временно аккумулятивной рудой, что позволило свести к минимуму влияние контактных условий «кровля-целик» и «почва-целик» [3].

В каждом целике выполнялось от 6 до 12 измерений, на основе которых производился расчет напряжений и строились их эпюры. Для большинства междукамерных целиков с диаметром  $6,0 \div 7,5$  м, при  $\frac{h}{a} \leq 1,0$  характерен следующий вид эпюры напряжений:

1. От боковой поверхности целика на глубину 0,5÷1,0м распространяется зона пониженных напряжений со значениями 0÷20,0 МПа. Данная часть опорного целика нарушена буровзрывными работами и практически не является несущей.

2. В интервале от 1,0 м до 1,5 м следует зона повышенных напряжений, где  $\sigma$  равны 40,0-80,0 МПа.

3. Для средней части устойчивого целика характерны равномерные напряжения, изменяющиеся от 20 до 30 МПа. Междуканальный целик, имеющий три нижеперечисленные зоны напряжений, обладает повышенным коэффициентом устойчивости, определяемый по годографам скоростей распространения ультразвуковых колебаний в горизонтальном сечении опорного целика, которые дают фактические размеры и расположение зон пониженных, повышенных и нормальных напряжений (Рисунок 1).

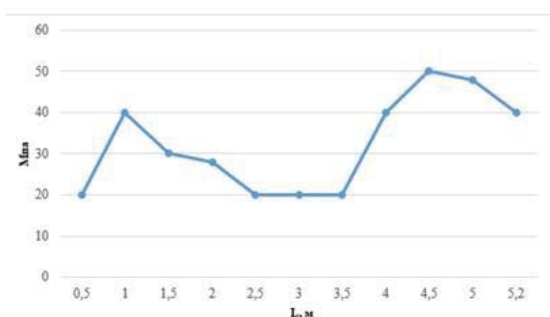


Рисунок 1 - Эпюра напряжений в опорном целике, где диаметр больше 6 м.

По расположению и размерам этих зон определяют коэффициент запаса прочности « $n$ » из условия:

$$n = \frac{S}{S_1},$$

где  $S$  – величина, характеризующая максимально допустимую нагрузку на целик или увеличении горного давления;

$S_1$  – величина, характеризующая фактическую нагрузку на опорный целик [4].

4. Если диаметр опорного целика менее 6,0 м эпюра вертикальных напряжений имеет максимальные значения в центральной его части, где  $\sigma$  – достигают 50-80 МПа. В таком случае целик имеет только две зоны – пониженную и повышенную напряжений, что характерно для

неустойчивых опорных целиков, которые при повышении горного давления могут разрушиться (рисунок 2).

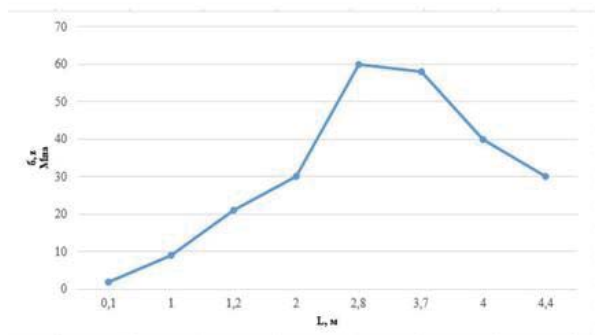


Рисунок 2 - Эпюра напряжений в опорном целике, где диаметр меньше 6 м.

Параметры целиков, средние напряжения и степень их нагруженности приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры целиков и степень их нагруженности

| № целика                                      | h/α | Несущая площадь целика Sц, м² | Ср. верт. напряжение в целике, бсркгс/см² | Глубина разработки, Н, м | Степень нагруженности в долях γHS <sub>оп</sub> | Соотношение размеров панельного целика, a/h |
|-----------------------------------------------|-----|-------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 418                                           | 1,0 | 55                            | 324                                       | 240                      | 1,00                                            | 2,02÷2,4                                    |
| 419                                           | 1,5 | 12                            | 390                                       | 240                      | 0,22                                            | 2,02÷2,4                                    |
| 416                                           | 1,0 | 43                            | 233                                       | 240                      | 0,53                                            | 2,02÷2,4                                    |
| 411                                           | 0,9 | 25                            | 430                                       | 240                      | 0,54                                            | 2,02÷2,4                                    |
| 407                                           | 0,9 | 29                            | 343                                       | 240                      | 0,42                                            | 2,02÷2,4                                    |
| 417                                           | 1,0 | 42                            | 266                                       | 240                      | 0,56                                            | 2,02÷2,4                                    |
| После удаления четырех междуканальных целиков |     |                               |                                           |                          |                                                 |                                             |
| 418                                           | 1,0 | 55                            | 331                                       | 300,0                    | 0,61                                            | 2,02÷2,4                                    |
| После удаления пяти междуканальных целиков    |     |                               |                                           |                          |                                                 |                                             |
| 416                                           | 1,0 | 43                            | 350                                       | 187,0                    | 0,65                                            | 2,02÷2,4                                    |

Экспериментальные данные показали, что в пределах опытной панели при отработке камерных запасов центральный ряд целиков нагружен на 0,6 γHS<sub>оп</sub>, II и III ряды целиков – соответственно на 0,5 и 0,4 в долях γHS<sub>оп</sub>. Однако распределение нагрузок между целиками неравномерное и зависит от их податливости. Более жесткий и большего

сечения целик 418 воспринял вес всего столба пород, лежащего над ним, тогда как частично разрушенный целик 419 – только 0,22  $\gamma H \delta_{on}$ . Таким образом, в пределах панели, как правило, наблюдается неравномерное распределение нагрузок на опоры.

После выемки четырех междукamerных целиков 502, 503, 504 и 505, в результате чего образовалась камера с площадью обнажения 1254 м<sup>2</sup>, вновь были проведены измерения методом разгрузки для определения прироста нагрузок на междукamerные целики, лежащие в непосредственной близости от большого обнажения. Измерения, выполненные с целика 418, показали, что нагрузка на него изменилась незначительно и не превысила 4% от начальной. За период выемки целиков 502-505, когда площадь обнажения кровли достигла 1254 м<sup>2</sup> и по сравнению со вторым периодом увеличилась в 10 раз, полная деформация междукamerных целиков 497 и 417, расположенных у района большого обнажения, возросла соответственно на 0,3 и 0,4 мм, т.е. на 1,5:2,5%. Последующая выемка междукamerного целика 418 увеличила площадь обнажения кровли до 2040,0 м<sup>2</sup>, поэтому за счет перераспределения горного давления и произошло увеличение нагрузки на целик 416 до 21%.

Аналогичные работы по определению напряженного состояния опорного целика были проведены на месторождении Жаман-Айбат. Расчет напряжений в опорных целиках производился на основе использования эмиссионных эффектов памяти нагружаемого околошпурового пространства с помощью гидродомкрата Гудмана. Данный метод контроля напряжений основан на свойстве акустоэмиссионной памяти пород (эффект Кайзера) о ранее действующих на них нагрузках [5].

Измерения в целиках проводились на 3-х экспериментальных участках, расположенных в пределах панелей 18 – глубина 510 м, 47 – глубина 600 м и 53 – глубина 630 м. (таблица 2).

Анализ горно-геологических и горнотехнических условий показал неравномерность распределения нагрузок на целики. Так, например, в панели 53 (мощность рудного тела 2,9 м, глубина залегания 630 м.) разница между напряжениями МКЦ достигает 30%. Коэффициент устойчивости более 4 [2].

В панели 47 (мощность рудного тела 13 м, глубина 600 м.) в междукamerном целике №120, расположенного у барьерного целика, максимальное напряжение находится в центральной его части. Первый максимум напряжений наблюдается на расстоянии 3 м отстоит от боковой поверхности, второй максимум зафиксирован по центру у опоры на расстоянии 5 м. Такое расположение максимумов свидетельствует о том, что зона опорного давления смещена от центра МКЦ к его боковой поверхности и находится под действием напряжений, близких к пределу прочности сероцветных песчаников (42 МПа). Коэффициент

устойчивости данного МКЦ равен 1,5, что говорит о его неустойчивом состоянии.

Таблица 2 – Результаты измерений напряжений в целиках

| Панель | Глубина<br>, м | Барьерный целик    |      | Междукамерный целик |      |                 |
|--------|----------------|--------------------|------|---------------------|------|-----------------|
|        |                | Напряже<br>ния МПа | №скв | Напряжени<br>е, МПа | №скв | Номер<br>целика |
| 18     | 510 м          | 12.0               | 7    | 18                  | 10   | 51              |
|        |                | 27.0               | 8    | 10                  | 11   | 51              |
|        |                | 22.0               | 9    | 13                  | 12   | 51              |
|        |                | 27.0               | -    | 18                  | -    | 51              |
| 47     | 600 м          | 52                 | 1    | 42.0                | 4    | 120             |
|        |                | 44                 | 2    | 40.0                | 5    | 120             |
|        |                | 32                 | 3    | 36.0                | 6    | 120             |
|        |                | 36                 | -    | 28.0                | -    | 120             |
| 53     | 630 м          | 44.0               | 13   | 17                  | 18   | 27              |
|        |                | 20.0               | 14   | 24                  | -    | 27              |
|        |                | 20.0               | 15   | 29                  | 17   | 27              |
|        |                | 15.0               | 16   | -                   | -    | -               |
|        |                | 24.0               |      |                     |      |                 |

В панели 18 (глубина разработки 510 м, мощность рудного тела варьирует в диапазоне от 1,0 до 4,5 м.) междукамерный целик №51 расположен у барьерного целика, максимальное напряжение в нем равно 18 МПа, и оно зафиксировано на 3,5 м от боковой поверхности опоры. Все эпюры напряжений примерно одинаковы между собой, целик равномерно нагружен, устойчив, коэффициент устойчивости более 4.

Рассматривая результаты, полученные по всем панелям 53, 47, 18 рудника Жомарт, установлено, что максимальные вертикальные напряжения имеют волнообразный характер, что свидетельствует о делении тела целика на вертикальные блоки, из которых одни более жесткие несут приходящуюся на них нагрузку, а другие, податливые, от нее уходят. Пример распределения напряжений в целике на месторождении Жаман-Айбат приведен на рисунке 3.

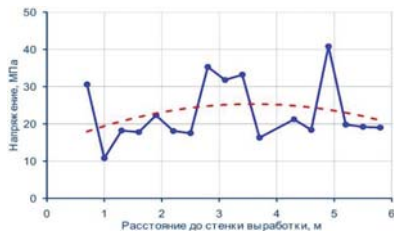


Рисунок 3 – Распределение средних вертикальных напряжений по сечению междукамерного целика

Анализ полученных экспериментальных результатов показал, что опорные целики (междукамерные и барьерные) находятся в сложном напряжённо-деформированном состоянии. При этом основная нагрузка от веса вышележащих пород приходится на барьерный целик. Установлена неравномерность нагружения междукамерных целиков различных размеров, которая достигает двух-четырех-кратного значения и обуславливается их различной податливостью. При этом в зависимости от распределения напряжений по сечению целика выделены три зоны напряжений: пониженных, повышенных и относительно нормальных. Зона повышенных напряжений прослеживается на глубину от 1,0 до 1,5 м, за который образуется зона нормальных напряжений.

Согласно детальному исследованию складчатых структур, рудные залежи Жезказганского месторождения локализуются в антиклинальных и синклиналиных складках. Экспериментальный участок, где на глубине 240 м получено устойчивое обнажение кровли площадью 2000 м<sup>2</sup>, расположен в антиклинальной складке. Исследования по определению предельных пролетов камер также были проведены в антиклинальных складках, где получены предельные пролеты 52,5 и 75 м, что указывает на возможность создания обнажённой кровли большой площади с устойчивыми опорными целиками. Если на залежах антиклинального типа кровля и опорные целики при обнажении 2000-2200 м<sup>2</sup> не обрушаются, то на залежах синклиналиных структур при прочих равных условиях создание обнажений площадью более 400-500 м<sup>2</sup> недопустимо. Поэтому, детально рассматривая механизм давления налегающей толщи на геологическую складчатую структуру можно сделать предположение, что  $\gamma H$  по наклонной поверхности складки раскладывается на две составляющие. Одна составляющая равна  $\gamma H \cos \varphi$ , где угол  $\varphi$  образуется между вертикальным направлением и наклонной поверхностью складчатой структуры (антиклиналь, синклиналь). Данная составляющая направлена вниз по падению наклонной поверхности, т. е. к ядру синклиналиной складки и тем самым она увеличивает в ней горное давление. Вторая составляющая равна  $\gamma H \sin \varphi$  и действует в горизонтальном направлении, создавая предпосылки к образованию сжимающих горизонтальных сил, что характерно для антиклинальной структуры.

Только так можно объяснить, что в складках синклиналиного типа образуются большие вертикальные напряжения, а в складках антиклинального типа наличие больших сжимающих горизонтальных напряжений, которые в свою очередь создают благоприятные условия для возникновения огромных пролетов камер и устойчивости междукамерных целиков.

Это свидетельствуют о наличии связи между устойчивостью очистной панели и типом складчатой структуры и показывают, что



существенное значение на величину горного давления, оказывает геолого-структурное строение рудной залежи.

Таким образом, значения напряжений в целиках зависят от множества факторов: геометрических параметров целиков; физико-механических свойств; глубины залегания рудного тела; пространственного расположения целика в очистной панели; складчатой структуры залегания рудного тела; трещиноватости целика; природного поля напряжений; обводненности района и др.

Выводы.

1. Установлена связь между напряжениями в целиках и горно-геологическими и горнотехническими условиями.

2. Задача по обеспечению устойчивости конструктивных элементов систем разработки решается посредством выбора оптимальных для каждого конкретного месторождения способов вскрытия, подготовки и системы разработки.

3. Мероприятия по обеспечению устойчивости выработок и по управлению за состоянием массива горных пород должны быть выбраны лишь на основе достоверного геомеханического обоснования технологической схемы отработки, т.е. на основе знания напряжённо-деформированного состояния (НДС) массива на всех этапах отработки месторождений.

## Литература

1. Исследование напряженно-деформированного состояния горного массива на руднике «Жомарт»//Отчет о НИР ИГД им. Д.А. Кунаева. Алматы.- 90 с.
2. Токсаров В.Н., Шамганова Л.С., Асанов В.А., Бельтюков Н.Л., Ударцев А.А. Оценка напряженного состояния целиков на руднике Жомарт//Научно-техническое обеспечение горного производства. Т.87, Алматы, 2015.- С. 114-120
3. Чабдарова Ю. И., Жужгов Ю. В., Букин А. Н. Горное давление в антиклинальных структурах Дзезказгана. Из-во «Наука», Алма-Ата, 1980 г.
4. Способ определения запаса прочности опорного целика. А.с. №1718167 от 8 ноября 1991 г.
5. Асанов В. А., Токсаров В. Н., Евсеев А. В., Опыт использования гидродомкрата Гудмана при исследовании состояния массива квазипластических пород. «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли». Новосибирск, ИГД им. Гинакала НА СОРАН, 2011.

## References

1. Issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya gornogo massiva na rudnike «Zhomart»//Otchet o NIR IGD im. D.A. Kunayeva. Almaty.- 90 s.
2. Toksarov V.N., Shamganova L.S., Asanov V.A., Bel'tyukov N.L., Udartsev A.A. Otsenka napryazhennogo sostoyaniya tselikov na rudnike Zhomart//Nauchno-tekhnicheskoye obespecheniye gornogo proizvodstva. T.87, Almaty, 2015.- S. 114-120
3. Chabdarova YU. I., Zhuzhgov YU. V., Bukin A. N. Gornoye davleniye v antiklinal'nykh strukturakh Dzhezkazgana. Iz-vo «Nauka», Alma-Ata, 1980 g.

4. Sposob opredeleniya zapasa prochnosti opornogo tselika. A.s. №1718167 ot 8 noyabrya 1991 g.

5. Asanov V. A., Toksarov V. N., Yevseyev A. V., Opyt ispol'zovaniya gidrodomkrata Gudmana pri issledovanii sostoyaniya massiva kvaziplasticheskikh porod. «Geodinamika i napryazhennoye sostoyaniye nedr Zemli». Novosibirsk, IGD im. Ginakala NA SORAN, 2011.

ӨОЖ 622.831

### **Резюме**

*Букин А.Н.<sup>1</sup>, Шамганова Л.С.<sup>1</sup>, Токсаров В.Н.<sup>2</sup>*

*(<sup>1</sup>Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты Алматы қ*

*<sup>2</sup> Ресей ғылым академиясының Орал бөлімшесі Тау кен институты, Пермь қ., Ресей)*

*Өңдеу камералы-бағаналық жүйесі кезінде кентіректердің кернеулі жағдайын талдау*

*Мақалада Жезқазған кен орны мен Жаман-Айбат кен орны мысалында камералық-бағаналық өңдеу жүйесінің көтергіш элементтерінің кернеулі-деформацияланған күйін эксперименттік зерттеу нәтижелері келтірілген. Эксперименттермен тік кернеуді бөлу орнатылған. Кентіректердің кернеулі жағдайына әсер ететін негізгі параметрлер анықталды және талдау жүргізілді*

*Түйін сөздер: кернеулер, камерааралық тіректер, физикалық және механикалық қасиеттері, түсіру әдісі, акустэмиссиялық жады.*

UDC 622.831

### **Summary**

*Bukin A.N.<sup>1</sup>, Shamganova L.S.<sup>1</sup>, Toksarov V.N.<sup>2</sup>*

*(<sup>1</sup>MI named after D.A.Kunayev, Almaty city, Republic of Kazakhstan;*

*<sup>2</sup> MI of the Ural Branch of the RAS, Perm city, Russian Federation)*

*Analysis of the stressed state of the pillar with the board-pillar system of work*

*The article presents the results of experimental studies of the stress-strain state of the load-bearing elements of a board-pillar development system using the example of the Zhezkazgan field and the Zhaman-Aybat field. The experiments established the distribution of vertical stresses. The analysis is carried out and the main parameters that affect the stress state of the pillars are identified.*

*Key words: stresses, inter-chamber pillars, physical and mechanical properties, unloading method, acoustic emission memory.*

**Салыков Е.К., Куанышбайулы С.**

(Головной проектный институт ТОО «Корпорация Казахмыс»,  
г.Нур-Султан)

## **ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Проанализированы способы разработки месторождения и применяемые варианты систем разработки. На месторождении в промышленном масштабе освоены способы повторной отработки ранее списанных запасов и запасов в различных видах целиков. Разработаны проектные решения поэтапного переселения рабочих поселков в безопасную зону, что позволяет вовлечь в отработку неактивные запасы и тем самым значительно продлить срок разработки Жезказганского месторождения.*

*Түйінді сөздер: Жезқазған кен орыны, қазу жүйелері, кен тіректерін қайта қазу.*

*Ключевые слова: Жезказганское месторождение, системы разработки, повторная отработка целиков.*

*Key words: Zhezkazgan field, development systems, re-mining of pillars*

Несмотря на то, что история разработки Жезказганского месторождения меди составляет более векового периода, месторождение до настоящего времени является основной рудной базой ТОО «Корпорация Казахмыс».

Горнотехнические условия залегания запасов в пределах Жезказганского месторождения характеризуются следующими показателями:

- рудные тела имеют пластообразную форму (общая рудная площадь месторождения составляет почти 80км<sup>2</sup>);
- в разрезе продуктивной толщи выделяются 10 рудоносных горизонтов;
- руды и вмещающие породы - устойчивые и крепкие;
- по мощности рудные залежи – маломощные (менее 4м), средней мощности и мощные (более 16м);
- по углу падения залежи – пологие и слобонаклонные (составляют 62% запасов), наклонные (составляют 6% запасов) и крутонаклонные во флексурных участках (составляют 32% запасов);
- по содержанию меди – средней ценности;
- в пределах месторождения выделяются 6 сравнительно крупных (протяженностью 2-5км) и 15 более мелких флексур и флексуорообразных перегибов.

Запасы, отнесенные к открытым горным работам, отработаны.

Запасы Центрального рудного поля для подземной разработки, представленные пологопадающими залежами, на верхних горизонтах отработаны, горные работы по добыче руды перешли на нижние

горизонты и на периферийные участки, где рудные залежи в основном представлены наклонным залеганием (Анненский и Акчий-Спасский горные районы).

С 1965-1970 годы отработка запасов пологих залежей ведется одной из самих высокопроизводительных систем - панельно-столбовой системой разработки с использованием самоходного оборудования на дизельном ходу. Для горнотехнических условий разработки Жезказганского месторождения д.т.н. Ю.И. Чабдаровой разработаны и внедрены методические основы расчета параметров и конструктивных элементов камерно-столбовой системы разработки.

Флексурные участки вовлекаются в отработку системой разработки подэтажного обрушения, а где требуется охрана поверхностных объектов – системой разработки подэтажными штреками с оставлением междуканальных ленточных целиков.

В период 1975-1990 годы рудные залежи с богатым содержанием меди и мощностью более 18м отрабатывались системами разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства. На рудничных площадках были построены три закладочного комплекса с годовой производительностью 200-250тыс.м<sup>3</sup> каждый. Лежалые хвосты обогатительной фабрики использовались в качестве вяжущего компонента закладочного материала.

В 1985-1990 годы осуществлено погашение пустот выработанного пространства под поселком Жезказган путем заполнения породной закладкой. Породы отвалов шахт 31-32, 44 и 45 спускались по закладочной скважине, пробуренной большого диаметра (500мм), перевозка и укладка закладки осуществлялись с использованием самоходного доставочно-транспортного оборудования. В последующем до 2010 года использовалась технология утилизации текущих хвостов обогатительной фабрики для закладки выработанного пространства под поселком и в ослабленных районах.

Начиная с 2000 года опытно-промышленной отработкой, а затем в промышленном масштабе внедрены технологические схемы погашения пустот и выемки целиков из открытого выработанного пространства и из полевых выработок. С организацией полномасштабного геотехнического мониторинга по всей площади месторождения значительно расширилась область использования повторной отработки ранее списанных запасов в различных видах целиков и освоены безопасные методы управляемого обрушения налегающих пород.

На шахтах 67-70 и Анненская электровозный и дизельный вид подземного транспорта заменены на прогрессивный конвейерный транспорт.

В 2015 году Главным проектным институтом разработано ТЭО «Генеральный план развития Жезказганского месторождения». Основными определяющими направлениями реализации ТЭО являются:

- перенос поверхностных инженерных сетей и коммуникаций, автомобильных дорог и железнодорожных путей за зону влияния горных работ при доработке запасов Жезказганского месторождения;

- поэтапное переселение жителей поселков: Жезказган, ГРП, Весовая, Крестовский и Перевалка в рамках реализации программы «Комплексный план социально-экономического развития городов Жезказган, Сатпаев и Улытауского района Карагандинской области на 2012-2017 годы», за счет предоставления равноценного жилья со строительством многоэтажных жилых домов в микрорайоне № 6 и жилых домов коттеджного типа в микрорайоне № 8 г. Сатпаев;

- ввод Жиландинской группы месторождений для восполнения выбывающих мощностей Жезказганского месторождения;

- вовлечение в отработку забалансовых запасов в целях продления продолжительности отработки Жезказганского месторождения.

В настоящее время в рамках реализации ТЭО разработаны и утверждены все проектные документы, завершается строительство жилых домов в микрорайонах г.Сатпаев, введен пусковой комплекс шахты Восточная Сарыоба Жиландинской группы месторождений.

**Падилла Дж.М.<sup>1</sup>, Даниличев М.А.<sup>2</sup>, Климов А.А.<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>GCTS Testing Systems, г. Темпе, Аризона, США, <sup>2</sup>Директор ТОО «Новатест Казахстан», г. Нур-Султан, Казахстан, <sup>3</sup> ООО «ТестСистемс», г. Москва, Россия)

## **СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ И РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ, ГЕОТЕКСТИЛЯ, КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИЛОВ**

*Представлено оборудование GCTS Testing Systems (GCTS) для автоматизированных трехосных испытаний скальных грунтов, дисперсных грунтов, строительных материалов.*

*Ключевые слова: трехосные испытания, проницаемость, испытательные системы, стабилометр, автоматизация, скальные грунты, действительное трехосное сжатие, сдвиг, акустическая эмиссия.*

*Key words: triaxial test, permeability, test systems, triaxial cell, automation, rock, true-triaxial, direct shear, acoustic emission*

Анализ испытательных лабораторий и последние рыночные тенденции в Казахстане, России и за границей показывает, что испытания в условиях трехосного сжатия с использованием оборудования, отвечающего мировым стандартам, приобретают все большее распространение. Проведение проектировочных и исследовательских работ при разработке месторождений, строительстве зданий и сооружений, в условиях современного рынка, тем более при строительстве ответственных объектов (карьеры и шахты, дамбы, хранилища, атомные и гидростанции, и т.д.), предусматривает, как правило, проведение подобного рода испытаний, что позволяет повысить надежность объектов и повысить КПД выполняемых работ.

Анализ текущего состояния мирового рынка показал, что на данный момент имеется значительное дифференцирование коммерческих производителей по качеству и возможностям, а также цене испытательного оборудования в области испытаний горных пород. Несмотря на наличие широкого ряда производителей, лишь несколько производителей предлагают коммерческие продукты, способные решать задачи различного уровня сложности с параметрами и точностями необходимыми для реализации актуальных задач и обладающими ресурсами, опытом и знаниями для создания нестандартных систем. Одна из этих компаний - GCTS (США). Оборудование этой компании представлено в ряде ведущих испытательных центров по всему миру (более, чем в 100 странах).

Основанная в 1994 году, GCTS представляет широкий спектр оборудования, практически, для всех типов статических и динамических

испытаний грунтов (скальных, дисперсных), асфальтобетонов, строительных материалов, материалов балластной призмы, в том числе армированных геотекстилем и георешетками.

Наибольший интерес представляет последняя разработка компании, аккумулировавшая в себе все передовые достижения в области трехосных и одноосных испытаний горных пород – системы серии RTR.

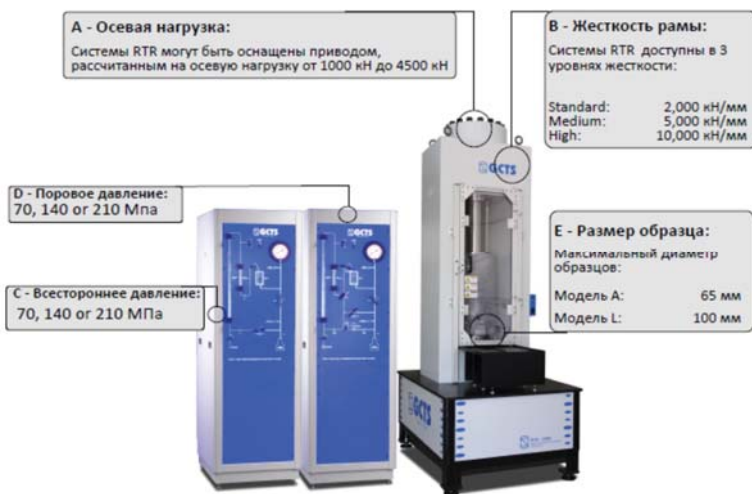


Рис. 1. Общий вид и основные характеристики систем серии RTR

Автоматизированная система RTR для трёхосных испытаний скальных пород представляет собой независимую жесткую напольную сервогидравлическую испытательную систему для испытаний горных пород в различных условиях нагружения.

Жесткая испытательная система имеет автоматический контроль и управление по нагрузке и деформации с возможностью как плавного (статического), так и ступенчатого (динамического) нагружения.

Система представляет собой комплексное решение для испытаний горных пород и предусматривает возможность поэтапного дооснащения для реализации испытаний в стабилометре, одноосных испытаний, испытаний в условиях независимого трехосного нагружения, испытаний при повышенных и пониженных температурах, ультразвуковых исследований, моделирования пластовых условий, сдвига и пр.

**Система включает оснастку для реализации:**

- Ультразвуковых измерений
- Действительного трехосного сжатия
- Дифференциального анализа деформаций

- Испытаний при повышенных и пониженных температурах
- Одноосного сжатия, непрямого и прямого растяжения, вязкости разрушения
- Акустической эмиссии
- Гидроразрыва (образцы диаметром до 100 мм)
- Проницаемости
- Испытаний в агрессивной среде
- Испытания с контролем деформации при трехосном и одноосном нагружении (включая пост пиковые нагрузки)
- Электропроводность
- Испытаний на анизотропию свойств и т.д.



Рис. 2. Основные возможные типы испытаний для систем серии RTR

Система имеет автоматический гидравлический подъемный механизм для крепления купола стабилометра и базу стабилометра на скользящем основании для простоты настройки испытания. Это позволяет просто и удобно устанавливать образцы по сравнению с обычными стабилометрами. Стабилометр управляется нажатием одной кнопки. Для установки стабилометра не используются болты или другие крепежные детали, что значительно повышает производительность.



Стабилометр из нержавеющей стали, работает с образцами диаметром до 100 мм, имеет графитовые уплотнения с низким коэффициентом трения. Преимущество автоматического стабилометра заключается в том, что после того, как образец полностью готов к испытанию, купол стабилометра просто опускается и автоматически фиксируется на месте в течение всего испытания. Обеспечена возможность проведения испытаний с управлением по напряжению или деформации, в том числе для точного измерения модуля деформации и изучения пост пиковых характеристик.

Стандартно система RTR включает в себя два усилителя давления (возможно одновременное использование до 5 усилителей давления для реализации сложных испытаний) для управления всесторонним давлением в стабилометре и поровым давлением в образце. Каждый усилитель расположен внутри металлического шкафа с колесиками, которые также включают в себя 20- литровый резервуар для жидкости, точные аналоговые датчики, клапаны высокого давления, индикаторы расхода и т. д., что делает их очень удобными и простыми в эксплуатации. Манометры и ротаметры обеспечивают визуальную проверку порового и всестороннего давления.



Рис. 3. Лаборатория для испытаний на проницаемость и ГРП на базе RTR

Удобные фитинги позволяют быстрого и легко соединять линии нагнетания и наполнять/сливать резервуары для жидкости. Ротаметр отображает доступное количество жидкости в каждом контуре жидкости. Каждый усилитель давления оснащен независимым гидравлическим приводом нагружения, датчиком давления и подключенным к нему LVDT,

что позволяет контролировать сервопривод в зависимости от давления, уровня жидкости или любого другого измеренного или вычисленного контрольного параметра. Усилители давления довольно просто обеспечивают как преднастройку системы, так и реализацию сложных испытаний (определение деформационных характеристик, Ко, проницаемость, гидравлический разрыв пласта, постпиковых характеристик и т.д.).

RTR работает с полностью интегрированным цифровым сервоконтроллером управления/контроля сигналов SCON и новейшим программным обеспечением CATS. Проведение трёхосных испытаний было значительно упрощено за счет включения прямого пользовательского программирования тестовых расчетных параметров в представляющих интерес единицах (напряжение, деформация и т.д.) на основе размеров образца. Автоматически определяются до 20 параметров и корректируются с учетом таких факторов, как: изменение усилия гидроцилиндра от приложения всестороннего давления, изменение площади сечения образца во время испытания и т.д. Эти параметры вычисляются в «режиме реального времени» и доступны для отображения, графика и/или контроля. Кроме того, программное обеспечение CATS позволяет определять заданные пользователем параметры для получения нескольких средних значений. Использование вычисленных параметров теста напрямую исключает сложные и длительные предварительные расчеты для разработки тестовых программ. Это позволяет сосредоточиться на поведении материала, а не на работе электроники и оборудования. GCTS предлагает совместимость с сетевыми системами, что позволяет осуществлять мониторинг или отправку тестовых данных непосредственно на любой компьютер, подключенный к вашей сети.

Встроенный микропроцессор способен выполнять все тестовые функции даже в случае сбоя компьютера. Он обеспечивает автоматическое переключение режима динамического управления между подключенным датчиком или расчетным параметром («передача без удара»). Этот контроллер также управляет всеми датчиками, используемыми для трехосных испытаний, и обеспечивает приведение к линейному виду в «реальном времени» любого сигнала с использованием полиномов высокого порядка. Этот цифровой контроллер способен обновлять контур управления до 10 кГц, необходимый для управления нагрузками с хрупкими образцами. SCON имеет несколько адаптивных методов компенсации для повышения точности управления без вмешательства пользователя.

Системы RTR оснащены приложением gTest для iPhone/iPad - это приложение удаленного мониторинга, используемое для отображения статуса теста в «реальном времени». Текущая информация может отображаться в цифровом или графическом виде. Приложение gTest

повышает производительность и позволяет проводить испытания удаленно.

**Общая спецификация систем серии RTR:**

- Соответствует техническим требованиям и условиям Международного общества механики горных пород (ISRM), ASTM, ГОСТ для трехосных и одноосных испытаний горных пород.

- Ход гидроцилиндра до 100 мм.

- Осевая нагрузка до 4500 кН.

- Максимальная частота испытаний до 20 Гц.

- Диапазон скоростей нагружения от 0 до 800 мм/мин.

- Жесткость силовой рамы до 10000 кН/мм.

- Всестороннее давление до 210 МПа.

- Пороговое давление до 210 МПа.

- Диаметр образцов до 100 мм и более.

- Диапазон рабочих температур от -30°C до +200°C.

- Встраиваемые в стабилометр датчики (силы, деформации и др.), работают при температурах до +200°C и давлении до 210 МПа.

- Контроллер до 23 каналов и более, разрешение электроники системы 24 бит, частота сбора данных до 10 кГц.

- Усовершенствованное цифровое сервоуправление от любого датчика системы в «реальном масштабе времени» (режим «он-лайн») с программным обеспечением, совместимым и работающим в операционной системе Windows.

- Широкий перечень дополнительной оснастки для испытаний, возможность использования нестандартной оснастки.



Рис. 4. Интегрируемое в стабилометр приспособление RPX-300 для испытаний пород в условиях реального трехосного сжатия ( $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ )

Также стоит отметить, что не только системы RTR, но и все оборудование компании GCTS соответствует (либо превосходит) требованиям международных и отечественных стандартов ISO, EN, BS,

ASTM, ГОСТ, AASHTO, ISRM (в частности оборудование соответствует стандартам представленным в сборниках Soil and Rock ASTM D420-5876, B5877-latest). Благодаря универсальности и высокотехнологичной конструкции и оснастке многие позволяют проводить сложные испытания, связанные с имитированием сложных реальных условий нагружения (горные массивы, скважины, землетрясения, прибой и других техногенных и природных воздействий (испытательные системы позволяют создавать и реализовывать алгоритмы испытаний задаваемые оператором)).



Рис. 5. Одна из последних разработок - автоматизированная система GCTS RPS-600 для испытаний горных пород в условиях независимого трехосного сжатия, включая гидроразрыв, (образец 300,0 мм x 300,0 мм x 300,0 мм) с использованием ультразвука и акустической эмиссии, с температурами до +200°C, давления до 100 МПа

Опыт, накопленный GCTS, непрерывная обратная связь с пользователями оборудования, позволяют постоянно улучшать существующие системы и создавать новые, оперативно учитывая текущие изменения и потребности рынка, исследовательские задачи.

ӨОЖ 620.1.051

### **Резюме**

*Падилла Дж.М., Даниличев М. А., Климов А. А.  
(1gcts Testing Systems, Темпе қ., Аризона, АҚШ, 2 "Новатест  
Казахстан" ЖШС директоры, Нұрсұлтан қ., Қазақстан, 3  
"Тестсистемы" ЖШҚ, Мәскеу қ., Ресей)*

*Жартасты топырақты, геотекстильді, композициялық  
материалдарды сынауға арналған заманауи жүйелер мен шешімдер*

*Gcts Testing Systems (CTS) жармасы топырақты, дисперсті топырақты, құрылыс материалдарын автоматтандырылған үш осьті сынауға арналған жабдығы ұсынылған.*

*Түйінді сөздер: үш осьтік сынақ, өткізгіштігі, сынақ жүйелері, стабилметр, автоматтандыру, жармасы топырақ, нақты үш осьтік қысу, ығысу, акустикалық эмиссия.*

UDK 620.1.051

### **Summary**

*J. Padilla.M., MD. Danilicheva, S. Klimov*

*((1gcts Testing Systems, Tempe, AZ, USA, Director of LLP "Novatest of Kazakhstan", Nursultan, Kazakhstan, 3 "of Testsystem", Moscow, Russia)*

*Modern systems and solutions for testing rock soils, geotextiles, composite materials*

*Gcts Testing Systems (CTS) presents equipment for automated triaxial testing of rock soils, dispersed soils, building materials.*

*Key words: triaxial test, permeability, test systems, triaxial cell, automation, rock, true-triaxial, direct shear, acoustic emission*

**Криницын Р.В.<sup>1</sup>, Менгель Д.А.<sup>2</sup>, Селин К.В.<sup>1</sup>**  
(<sup>1</sup>ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, АО «ССГПО», г. Рудный)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ШАХТЫ «СОКОЛОВСКАЯ» АО «ССГПО»**

*Аннотация* Представлены результаты исследований по определению параметров напряжений действующих в массиве горных пород шахты "Соколовская" АО "ССГПО". Исследования проведены с помощью общепринятых методов и аппаратуры согласно методикам, разработанным в ИГД УрО РАН. Параметры определены и обоснованы с применением комплекса исследований, включающего в свой состав как натурные эксперименты, так и математическое моделирование. На основе полученных данных произведена оценка влияния сформировавшегося выработанного пространства на параметры напряжений.

*Ключевые слова:* Массив горных пород; напряжённое состояние; первоначальные напряжения; влияние выработанного пространства

### **Краткая характеристика месторождения**

Сложный в горно-геологическом отношении Северный участок Соколовского месторождения железо-магнетитовых руд с 1998 года отрабатывается системой этажного и подэтажного обрушения. Горные и горно-подготовительные работы ведутся на гор. -330 м и -260м. Горно-капитальные выработки проводят на гор.-400м.

Кратко геологическое строение месторождения можно описать следующим образом. Рудные тела с поверхности перекрыты толщей осадочных песчано-глинистых отложений мощностью до 100÷110м, содержащей олигоценовый и мел-палеогеновый водоносные горизонты. Нижезалегающий палеозойский скальный массив подразделяется на следующие структурные блоки: 1 – лежащий бок; 2 – зона меридионального разлома; 3 – рудная зона; 4 – висячий бок.

Комплекс пород и руд месторождения носит ярко выраженный блочный характер. Прочностные и упругие свойства структурных блоков значительно отличаются друг от друга. Наиболее прочными и менее нарушенными породами представлены лежащий и висячий бока месторождения, нарушенными и слабыми – рудная зона и зона меридионального разлома.

Геомеханическое состояние массива горных пород, на момент начала исследований, можно охарактеризовать следующим образом.

Экспериментально-аналитическими методом (система наблюдательных станций: «реперные линии – фотоупругие датчики») ИГД МЧМ СССР (сейчас ИГД УрО РАН) установлено, что естественное поле первоначальных (природных) напряжений, в скальном массиве до

гор. -260 м (высотная отметка дневной поверхности +180 м), носит тектонический характер, величины которых имеют следующий вид:

$$\sigma_z^H = -0.027H; \sigma_x^H = -1.037H; \sigma_y^H = -0.016H,$$

где  $\sigma_z^H, \sigma_x^H, \sigma_y^H$  – составляющие вертикальных и горизонтальных вкрест простирания и по простиранию месторождения природных напряжений в массиве горных пород, МПа;  $H$  – глубина от поверхности, м.

Данные величины первоначальных напряжений определены на линейных базах, соизмеримых с параметрами системы разработки с твердеющей закладкой, т.е.  $\approx 30 \div 50$  м [1].

Формирующееся на шахте "Соколовская" выработанное пространство от выемки рудной залежи, вокруг которого происходит перераспределение первоначальных напряжений, представляет собой не замкнутую полость (зону) шириной, равной горизонтальной мощности вынимаемой залежи, длиной, во много раз превышающей ширину и приближающейся к длине залежи по простиранию и высотой равной сумме высот вынутых этажей (горизонтов) с выходом зоны обрушения на дневную поверхность. Кроме того, выше гор. -190 м имеются искусственные массивы из твердеющей закладки.

Эта зона под действием первоначальных напряжений деформируется вслед за выемкой камер. Данное очистное пространство создаёт зону концентрации напряжений у своей нижней границы, что может способствовать формированию удароопасности [2].

### **Определение напряжений действующих в массиве горных пород методом щелевой разгрузки**

Для определения параметров напряжённо-деформированного состояния (НДС) массива горных пород на шахте "Соколовская" был использован комплекс взаимодополняющих исследований, включающий в себя деформационный и геофизический экспериментальные методы, а также математическое моделирование, с использованием программного пакета FEM [3].

Метод щелевой разгрузки является одним из методов разгрузки, основанных на оценке деформации массива после нарушения его сплошности. По сравнению с другими деформационными методами щелевая разгрузка характеризуется меньшей зависимостью от разномодульности горных пород в зоне измерений, т.к. зона разгрузки достигает трёх размеров щели [4].

Учитывая современный уровень развития оборудования, методика производства работ щелевой разгрузки была усовершенствована. В качестве режущего инструмента, образующего щель, использовали бензорез с алмазным диском. Данное оборудование полностью автономно, не требует подключения к магистралям со сжатым воздухом,

привязки к электрическим сетям и водопроводу, что позволяет существенно увеличить количество экспериментальных замеров.

Для адаптации методики расчёта под новые параметры была создана математическая модель разгрузочной щели, в форме части диска бензореза (диаметром 350 мм), которая заглубляется в массив на величину 125 мм. Решалась упругая задача в объемной постановке методом суперпозиций с использованием программного комплекса FEM.

В результате расчетов удалось установить закономерности формирования НДС массива горных пород, вокруг разгрузочной щели, а также установить закономерности между напряжениями, действующими в массиве горных пород и смещениями на контуре выработки, по мере удаления от щели.

На основании полученных коэффициентов концентрации была разработана методика расчета параметров первоначальных напряжений, действующих в массиве горных пород, на основе экспериментальных данных о деформации породного массива после образования разгрузочной щели, при использовании в качестве режущего инструмента диска бензореза диаметром 350мм [5].

Пункты замера параметров НДС располагались на горизонтах -260м, -330м и -400м. Каждый горизонт условно разделён на следующие части: центр; фланг (юг) и фланг (север). Все замеры произведены в лежащем боку.

Поиск мест производства натурных измерений в рудной зоне и висячем боку был затруднён в виду того факта, что выработки имеют сплошное крепление, исключающее возможность доступа к массиву пород. Места замеров представлены на рис. 1–3. Общее количество разгрузочных щелей составило 44 шт.

В табл. 1 приведены параметры природных напряжений, рассчитанные по экспериментальным данным щелевой разгрузки, с учётом среднеквадратического отклонения результатов натурных наблюдений [6].

В представленную таблицу также включены результаты ранних исследований НДС в 1986 году [2].

Таблица 1 – Параметры НДС массива горных пород на шахте "Соколовская" по экспериментальным данным щелевой разгрузки

| Год  | H, м      | Гор., м    | $\alpha_{xL}, ^\circ$ | $\sigma_{x\perp}, \text{ МПа}$ | $\sigma_{y\parallel}, \text{ МПа}$ | $\sigma_{z\parallel}, \text{ МПа}$ |
|------|-----------|------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1986 | 240 ÷ 300 | -60 ÷ -120 | 90                    | -9,88 ÷ 12,1                   | -3,84 ÷ -4,8                       | -6,48 ÷ -8,1                       |
| 2015 | 440       | -260       | 90                    | -19.9 ± 2.0                    | -19.6 ± 1.0                        | -14.0                              |
| 2015 | 510       | -330       | 90                    | -24.0 ± 4.6                    | -20.2 ± 3.1                        | -14.0                              |
| 2015 | 580       | -400       | 90                    | -20.9 ± 3.5                    | -24.6 ± 3.9                        | -15.5                              |



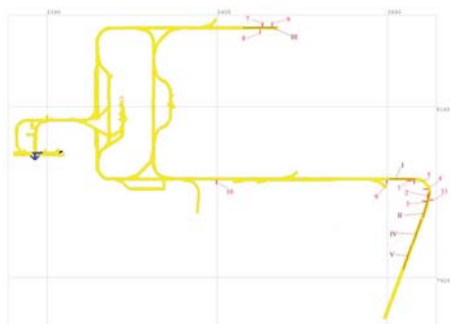


Рисунок 1 – Расположение пунктов измерений на гор. -400 м (1,2 – гориз-ные щели; 3-11 – верт-ые щели; I-V – профили электрометрии)



Рисунок 2 – Расположение пунктов измерений на гор. -330 м (1-5, 7-14, 16-18 – вертикальные щели; 6,15 – горизонтальные щели; I-VI – профили электрометрии)



Рисунок 3 – Расположение пунктов измерений на гор. -260 м (1-11 - Вертикальные щели; 12 - Горизонтальная щель; I-III - профили электрометрии)

## **Определение напряжений действующих в массиве горных пород методом электрометрии**

Методика измерения напряжений методом электрометрии базируется на интерпретации результатов измерения кажущегося электрического сопротивления (КС) методом подземного электрического зондирования (ПЭЗ), являющегося аналогом поверхностного метода вертикального электрического зондирования (ВЭЗ)[7;8].

Резюмируя результаты интерпретации можно констатировать следующее:

- вертикальные напряжения на гор. -260 м равны 11,4 МПа, на гор. -330 м соответственно равны 13,4 МПа;
- соотношение напряжений вкрест простирания рудного тела и вертикальных в этаже -260/-330 м составляет  $\lambda_{\perp}=0,96 - 1,12$ , напряжений по простиранию рудного тела и вертикальных  $\lambda_{\parallel}=1,23 - 1,39$ ;
- субвертикальные главные нормальные напряжения ориентированы по контакту сарбайской и соколовской свит и отклонены от вертикали на  $32^{\circ}$  к западу.

## **Обоснование параметров НДС в массиве горных пород шахты "Соколовская". Оценка влияния выработанного пространства**

Для подтверждения результатов напряжений полученных по данным щелевой разгрузки (табл. 1) сравним их с величинами напряжений ( $\sigma_{x\perp cp}$  и  $\sigma_{y\parallel cp}$ ), рассчитанных с учётом усреднённых коэффициентов соотношения напряжений ( $\lambda_{\perp cp}$  и  $\lambda_{\parallel cp}$ ) и значений  $\sigma_{zcp}$ , определённых по данным обоих экспериментальных методов.

Для гор. -260 м рассчитываемые значение имеют следующий вид:

$$\sigma_{zcp260} = (-11,4-14,0)/2 = -12,7 \text{ МПа};$$

$$\lambda_{\perp cp260} = (1,12+1,42)/2 = 1,27;$$

$$\lambda_{\parallel cp260} = (1,39+1,4)/2 = 1,39;$$

$$\sigma_{x\perp cp260} = -12,7 \cdot 1,27 = -16,1 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{y\parallel cp260} = -12,7 \cdot 1,39 = -17,6 \text{ МПа}.$$

Для гор. -330 м рассчитываемые значения имеют следующий вид:

$$\sigma_{zcp330} = (-13,4-14,0)/2 = -13,7 \text{ МПа};$$

$$\lambda_{\perp cp330} = (1,12+1,71)/2 = 1,42;$$

$$\lambda_{\parallel cp330} = (1,39+1,44)/2 = 1,42;$$

$$\sigma_{x\perp cp330} = -13,7 \cdot 1,42 = -19,5 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{y\parallel cp330} = -13,7 \cdot 1,42 = -19,5 \text{ МПа}.$$

Значения  $\sigma_z$ , полученные разными экспериментальными методами, практически совпадают. Рассчитанные значения ( $\sigma_{x\perp cp}$ ;  $\sigma_{y\parallel cp}$ ) имеют расхождение с результатами из табл. 1 в пределах 20%, что позволяет параметры НДС, полученные по экспериментальным данным щелевой разгрузки, считать обоснованными.

В рамках стандартных методик подтверждённые результаты использованы в качестве граничных условий при математическом

моделировании, целью которого является определение параметров НДС массива горных пород вне зоны влияния выработанного пространства. Решалась упругая задача в плоской постановке.

Приведённое ниже обоснование выполнено на основе данных математического моделирования НДС в центральной части шахты, т.к. имеется возможность учитывать экспериментальные данные о параметрах НДС всех (г. -260 м; г. -330 м; г. -400 м) исследуемых горизонтов.

Для определения параметров напряжений, вне зоны влияния очистного пространства, действующих вкрест простирания, в качестве граничных условий заданы результаты щелевой разгрузки, полученные в центральной части гор. -330 м ( $\sigma_{x\perp\text{щ}}=-23.1$  МПа;  $\sigma_{z\text{щ}}=-14.0$ ). После производства расчётов установлено, что смоделированные значения ( $\sigma_{x\perp\text{мод}}$ ;  $\sigma_{z\text{мод}}$ ), в местах расположения выработок, оказались незначительно (в пределах 10%) больше значений, полученных по результатам экспериментальных работ, что свидетельствует о наличии слабого влияния выработанного пространства.

Для определения параметров напряжений, вне зоны влияния очистного пространства, действующих по простиранию, в качестве граничных условий заданы результаты щелевой разгрузки, полученные в центральной части гор. -260 м ( $\sigma_{x\perp\text{щ}}=-20$  МПа;  $\sigma_{y\parallel\text{щ}}=-20$ ). После производства расчётов установлено, что смоделированные значения ( $\sigma_{x\perp\text{мод}}$ ;  $\sigma_{y\parallel\text{мод}}$ ), в местах расположения выработок, своих значений не изменили, что свидетельствует об отсутствии влияния выработанного пространства на напряжения действующие по простиранию.

Также оценка влияния выработанного пространства производилась по методу расчёта напряжений в конструктивных элементах систем разработки со сплошной выемкой руды [9]. Результаты проверочных расчётов показали, что влияние очистного пространства в местах проведения экспериментальных работ имеет следующие характеристики:

- в центральной части наблюдается незначительная (10-12%) концентрация напряжений в вертикальной плоскости, а также действующих вкрест простирания. По простиранию концентрация отсутствует;

- в южной части концентрация вертикальных и напряжений вкрест простирания достигает 20%. По простиранию концентрация отсутствует;

- в северной части влияние выработанного пространства практически отсутствует (не более 5%).

Следовательно параметры НДС вне зоны влияния выработанного пространства не имеют существенного отличия от параметров НДС, рассчитанных по экспериментальным данным щелевой разгрузки.

## Литература

1. Разработка технологии и определение параметров системы разработки нижележащих горизонтов Соколовского подземного рудника. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1986. – 119с.
2. Мероприятия по прогнозированию и предупреждению горных ударов в горнокапитальных выработках нижележащих горизонтов соколовского подземного рудника. – Свердловск, ИГД МЧМ СССР, 1986. – 25 с.
3. Зотеев О.В. Моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород численными методами // Известия вузов. Горный журнал. – 2003. - № 5. с. 108-115
4. Влох Н. П. Управление горным давлением на подземных рудниках / Н. П. Влох. - М.: Недра, 1994. – 207 с.
5. Определение напряжений методом щелевой разгрузки, при различных параметрах разгрузочной щели. – Екатеринбург, ИГД УрО РАН, 2014. – 12 с.
6. Рыжов П.А. Математическая статистика в горном деле / П.А. Рыжов. – М.: «Высш. школа», 1973. – 287 с.
7. Скрыпченко В.В. Методика определения напряженного состояния массива пород методом подземного электрического зондирования // ФТПРПИ. – 1987. - № 6. С.91-97.
8. Методические рекомендации по определению напряженного состояния массива и оценке его удароопасности методом подземного электрометрии. – Свердловск, ИГД МЧМ СССР, 1986. – 47 с.
9. Зубков А. В. Геомеханика и геотехнология /А. В. Зубков. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2001. – 333 с.

## References

1. Razrabotka tekhnologii i opredeleniye parametrov sistemy razrabotki nizhelezhazhashchikh gorizontov Sokolovskogo podzemnogo rudnika. – Sverdlovsk,; IGD MCHM SSSR, 1986. – 119s.
2. Meropriyatiya po prognozirovaniyu i preduprezhdeniyu gornyx udarov v gornokapital'nykh vyrabotkakh nizhelezhazhashchikh gorizontov sokolovskogo podzemnogo rudnika. – Sverdlovsk, IGD MCHM SSSR, 1986. – 25 s.
3. Zoteyev O.V. Modelirovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya massiva gornyx porod chislennymi metodam // Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal. – 2003. - № 5. s. 108-115
4. Vlokh N. P. Upravleniye gornym davleniyem na podzemnykh rudnikakh / N. P. Vlokh.- M.: Nedra, 1994. – 207 s.
5. Opredeleniye napryazheniy metodom shchelevoy razgruzki, pri razlichnykh parametrah razgruzochnoy shcheli. – Yekaterinburg, IGD UrO RAN, 2014. – 12 s.
6. Ryzhov P.A. Matematicheskaya statistika v gornom dele / P.A. Ryzhov. – M.: «Vyssh. Shkola», 1973. – 287 s.
7. Skrypchenko V.V. Metodika opredeleniya napryazhennogo sostoyaniya massiva porod metodom podzemnogo elektricheskogo zondirovaniya // FTPRPI. – 1987. - № 6. S.91-97.
8. Metodicheskiye rekomendatsii po opredeleniyu napryazhennogo sostoyaniya massiva i otsenke yego udaroopasnosti metodom podzemnogo elektrometrii. – Sverdlovsk, IGD MCHM SSSR, 1986. – 47 s.
9. Zubkov A. V. Geomekhanika i geotekhnologiya /A. V. Zubkov. – Yekaterinburg: IGD UrO RAN, 2001. – 333 s.

**Милетенко Н.А., Одинцев В.Н., Федоров Е.В.**  
(ИПКОН РАН, г. Москва)

## **ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД В СУБАРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ НА БЕЗОПАСНУЮ ОТРАБОТКУ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Аннотация. В статье исследован механизм прорыва паводковой воды из провала на земной поверхности в горную выработку. На основе компьютерного моделирования установлено, что в зоне влияния подземных работ формируется область растягивающих техногенных напряжений пород. В этой области возможно развитие трещины естественного гидроразрыва пород от провала в выработку под действием растягивающих напряжений и гидростатического давления воды. При подходе трещины к выработке возможна ее остановка вследствие локального сжатия пород вблизи выработки. В этом случае возможен сильный фильтрационный поток воды из трещины в выработку, который может привести к размыву пород кровли выработки и динамическому прорыву воды в выработку.*

*Ключевые слова: подземная добыча, земная поверхность, паводковая вода, техногенное напряжение пород, естественный гидроразрыв, фильтрация, водоприток.*

Из года в год сохраняется устойчивая тенденция роста и увеличения масштабов последствий чрезвычайных ситуаций, обусловленных стихийными гидрологическими явлениями [1]. Основной экономический ущерб от паводков, вызванных обильным таянием снега, наносится инженерным сооружениям на земной поверхности. Однако, при определенных условиях паводковые воды могут влиять на безопасность подземных горных работ. Механизмы влияния разнообразны. Как правило, они связаны с общим повышением водонасыщенности массива и усилением процесса фильтрации.

При подземной разработке твердых полезных ископаемых на малых глубинах иногда происходит локальное опускание земной поверхности с разрывом сплошности пород, которое характеризуют как техногенный провал грунта. Причиной образования провала является смещение части подработанной толщи пород в выработанное пространство. В России во избежание нежелательных последствий проектирование и строительство зданий в этих случаях регламентируется соответствующим Сводом правил [2].

Часто провал заполняется поверхностными водами. В этом случае, помимо опасного геомеханического влияния на безопасность горных пород провал представляет гидрогеологическую опасность как резервуар воды, которая может прорваться в подземную выработку. Прорывы воды

в подземные выработки могут иметь разные механизмы, которые определяются геологическим строением массива, особенностями его напряженного состояния и давлением воды. В достаточно однородном и хорошо проницаемом массиве пород водоприток в подземную выработку из поверхностного водоема может происходить по механизму фильтрации воды [3-5]. В массиве с горизонтальными слоями пород реализуется другой механизм проникновения воды в подземные выработки. В этом случае при подработке массива формируются области вертикального растяжения, в которых происходит прогиб слоев, их раскрытие, заполнение расслоившихся контактов слоев водой, разрыв части слоев при критических деформациях прогиба, вследствие чего вода просачивается в выработку [6-10].

В случае, когда вертикальное давление налегающей толщи примерно в два раза превышает природные горизонтальные напряжения (эта ситуация характерна для осадочных пород в регионах со спокойной геодинамической обстановкой), в подработанной толще могут формироваться области растягивающих горизонтальных техногенных напряжений. В этих областях могут образовываться трещины разрыва, которые заполняются водой. При этом вода, как силовой фактор, может играть активную роль в развитии трещин, оказывая давление на их берега. Подобные разрывные трещины могут быть магистральными каналами для прорыва воды в выработки как из наземных, так и из подземных резервуаров [11,12].

В субарктических регионах возможность прорыва воды определяется также образованием в массиве пород, так называемых, «морозобойных» трещин вследствие влияния крайне низких зимних отрицательных температур. Образование морозобойных трещин, уходящих в глубину до десятка метров, является характерной чертой субарктического региона и не связано с горными работами. Эти трещины можно рассматривать в качестве природных объектов, влияющих на развитие при последующих техногенных геомеханических и гидрогеологических процессов в массиве пород [13,14].

Ниже мы на примере прорыва воды в северную шахту Юнь-Яга рассматриваемый другой механизм прорыва воды из провала в подземную выработку, который связан как с трещинообразованием, так и с фильтрационным потоком. Как известно, исследование случаев из практики позволяет наилучшим образом понять конкретный механизм события и на этой основе разработать адекватную методику прогноза подобных событий в будущем.

На шахте Юнь-Яга, ныне закрытой разрабатывались угольные пласты Юньягинское месторождения каменного угля, которое расположено в северо-восточной части Печорского угольного бассейна [15]. Климат района субарктический с резкими колебаниями температур и давления. Средняя температура воздуха за многолетний период

наблюдений составляет минус 6,3°C при абсолютных минимумах -42 - -52 °C и максимумах +30- + 32 °C.

Юньягинское месторождение располагается в области развития массивно-островной многолетнемерзлой зоны. Площадь распространения многолетнемерзлой зоны составляет 50-60 % с наличием сквозных таликов на остальной ее части, максимальная мощность зоны колеблется в пределах 180-200м при средних значениях 50-70 м и преимущественных величинах до 20-30 м, температура изменяется от -0,5 до -3,0 °C. Сквозные многолетние талики распространены, как правило, под крупными неосушенными озерами, рекой Юнь-Яга, отдельными ручьями и в районе провальных воронок.

При эксплуатации шахты при отработке пласта  $n_{11}$  произошел прорыв воды из образовавшегося на поверхности небольшого провала в погашенные выработки: вентиляционный штрек, который был расположен примерно на 30м ниже провала, и далее в лаву и конвейерный штрек. Перемычки и водоупорные двери не дали эффекта вследствие фильтрации воды через окружающий породный массив и бетонные перегородки. Недостаточная мощность и подтопление насосных установок привели к затоплению.

Прорыв произошел во время высокого паводка талых вод (уровень паводковых вод, превышал 0.5м) при полном оттаивании подработанных горных пород, частично промерзших за зимний период. Паводок был вызван ограничением стока вод и недостаточной пропускной способностью гидротехнического сооружения (моста). В вентиляционном штреке прорыв начался с увеличением капежа из кровли штрека от слабого до мощного с последующим разрывом и обрушением слабых пород кровли, и интенсивным потоком воды из кровли.

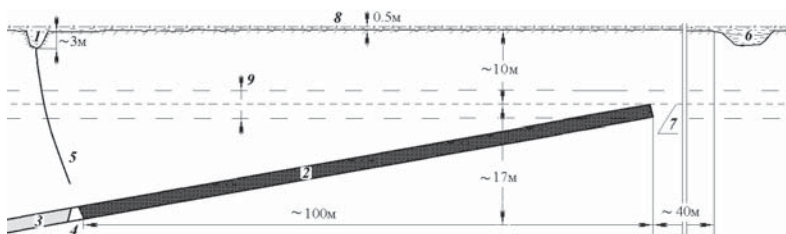
Мощность пласта в районе провала составляла 1,9 м, угол падения  $10^0$  (рис.1). Непосредственная кровля представлена алевролитом мощностью 3м, прочностью 40-60МПа; основная кровля – слой песчаника мощностью примерно 14м, прочностью 70-90МПа. В зоне выветривания породы ослаблены процессами окисления и отдельными трещинами, которые характеризуют как "морозобойные".

По результатам проведенных проверок на шахте были названы причины описываемого события: а) отсутствие профилактических мероприятий по засыпке провалов; б) некачественное проведение работ по изоляции горных выработок от поверхности; в) отсутствие гидротехнических сооружений, препятствующих разливу реки и попаданию воды в пределы шахтного поля на выходах пласта под наносы; г) недостаточная пропускная способность моста через реку при паводке; д) подъем паводковых вод на 0.5 м выше максимально ожидаемого уровня, разлив за границу охранного целика и прорыв ее через провал в действующий вентиляционный штрек; е) развитие морозобойных трещин; ж) образование провала земной поверхности по

контакту морозобойных трещин под влиянием паводковой воды; 3) неблагоприятное стечение природных факторов: ранние и сильные морозы, глубокое промерзание, малый снежный покров, короткий и бурный весенний паводок.

Указанные причины не были подтверждены какими-либо расчетами, и в определенной степени противоречили друг другу. Например, морозобойная трещина не может быть более десяти метров в глубину. Влияние сезонного перепада температур уже не ощущается на такой глубине вследствие влияния талика. Развитие магистральной трещины должно происходить по другим законам. Поэтому этот случай рассматривался как аномальный и нуждался в специальном исследовании.

Было проведено моделирование геомеханической и гидрогеологической ситуации с использованием подхода, описанного в [11]. В основе этого подхода лежит положение о том, что образование магистральных водопроводящих трещин связано с суммарным действием горного давления и гидростатического действия воды, а образующиеся трещины фактически являются трещинами естественного гидроразрыва пород.



1 – провал; 2 – целик; 3 – отработанный пласт; 4 – вентиляционный штрек; 5 – трещина; 6 – река; 7 – выход пласта и коренных пород под наносы; 8 – уровень паводка на момент события; 9 - талики

Рис.1. Схема прорыва воды на шахте "Юнь-Яга" (пласт n11)

Поскольку начальная геометрическая и геомеханическая ситуации досконально не были известны, рассматривались различные расчетные схемы постановки задач моделирования. В каждой из схем область исследования включала массив пород до глубины 100м, часть выработанного пространства протяженностью 50м, в которой противодействие сдвигению вышележащей толщи крепью задавалось противодавлением величины 0,5МПа

В расчетах провал представлял собой углубление на земной поверхности в виде части эллипсоида глубиной около 3м, давление воды у дна провала составляет 0.03МПа. Изначально провал не имел



гидравлической связи с выработанным пространством. Рассматривались условия отсутствия вечной мерзлоты в подработанной области массива, что было обусловлено техногенным влиянием подработки и влиянием провала.

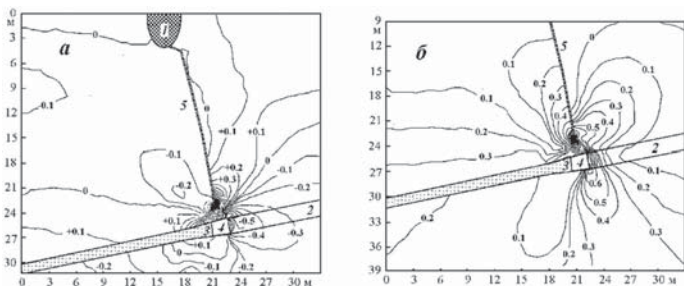
Горное давление в нетронutom массиве задавалось гипотезой акад. А.Н.Динника, согласно которой вертикальные напряжения определяются весом вышележащих пород (на глубине 30м примерно 0,6МПа), а боковые напряжения зависят от величины коэффициента Пуассона пород. В рассматриваемом случае они равны 0.25МПа.

Рассматривались различные ситуации с начальными трещинами, начинающимися из провала: небольшая вертикальная морозобойная трещина, начинающаяся со дна провала и трещина, выходящая из провала под углом (см. рис.2). При развитии трещины учитывались два фактора: техногенное напряженное состояние массива и давление воды в трещине, которое с глубиной изменяется по закону гидростатики.

Расчеты развития трещины проводились последовательными шагами с использованием метода конечных элементов. На каждом шаге оценивалось возможность разрушения породы в кончике трещины по критерию Гриффитса-Ирвина, как описано в работе [11]. Если критерий выполнялся, то задавалось небольшое приращение длины трещины по направлению, где в массиве пород действуют наибольшие растягивающие напряжения. В результате последовательности расчетных шагов определялась траектория развития трещины естественного гидроразрыва пород от провала к выработке.

На рис. 2 показаны некоторые результаты расчетов напряжений для ситуации, когда водопроводящая трещина подошла к вентиляционному штреку (расстояние от конца трещины до штрека составляет около 2м при длине трещины 24м). На рис.2а показаны изолинии главного напряжения, которое является наибольшим растягивающим напряжением, вызывающим разрыв пород. На рис. 2,б показаны изолинии напряжения Мизеса, по которому можно оценить близость пород к состоянию предразрушения. В этом состоянии резко увеличивается проницаемость пород [15].

Анализ напряженно-деформированного состояния массива пород в окрестности конца трещины и вентиляционного штрека показывает, что трещина может непосредственно войти в кровлю штрека, но может и застопориться в своем развитии из-за особенностей реальной геометрии выработки и локального сжатия породы. Если в первом случае сразу возможен динамический прорыв воды в трещину, то во втором случае должна проявиться фильтрация воды в выработку.



1 – провал; 2 – пласт; 3 – отработанный пласт; 4 – вентиляционный штрек; 5 – трещина

Рис. 2. Изолинии главного растягивающего напряжения (а) (МПа) и напряжения Мизеса (б) (МПа) к моменту подхода трещины гидроразрыва к вентиляционному штреку

Для анализа особенностей фильтрационного потока в штрек решалась задача теории фильтрации, в которой совокупно рассматривалась фильтрация воды непосредственно из провала и из формирующейся водопродводящей трещины естественного гидроразрыва. В расчетах использовались данные о коэффициенте фильтрации алевролита, который по оценкам имеет порядок 0,001м/сек.

Из расчетов следует, что при длине трещины до 20м фильтрационный поток воды из трещины в массив чрезвычайно мал. Ситуация изменяется, когда трещина подходит к выработке. На рис. 3,а показана ситуация, когда длина трещины составляет около 24м. Как видно из рисунка, поток воды сильно локализован у кончика трещины. На рис.3.б показаны изолинии скоростей потока непосредственно у штрека. Эти изолинии построены в другом масштабе при другой сетке метода конечных элементов, что позволило проверить правильность вычислений и более точно оценить значение возможного водопритока в выработку. Оценка показала, что водоприток через свободную (незакрепленную) поверхность площадью 15м<sup>2</sup> может составлять примерно 50 м<sup>3</sup>/час.

При таком интенсивном водопритоке действительно следует ожидать, размыв предразрушенной слабой породы (алевролита) в кровле выработки и частичное обрушение кровли в выработку с последующем открытием магистральной трещины и прорывом воды в выработку. Эта случай и произошел на практике.

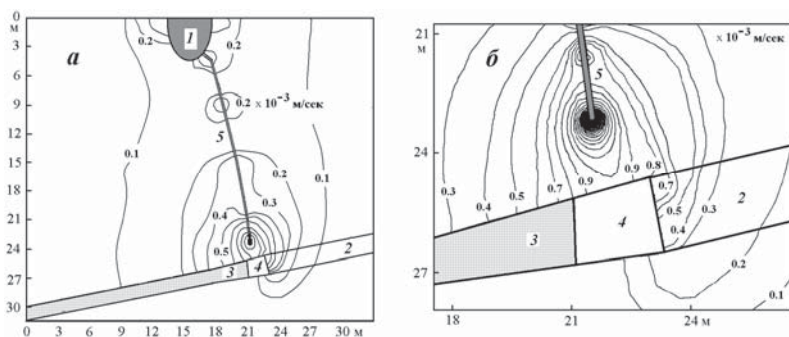


Рис.3. Фильтрационный поток воды в выработку из трещины гидроразрыва при длине трещины 24м

Проведенное моделирование, показало, что только фильтрационным механизмом проникновения поверхностных вод в подземную выработку невозможно объяснить реальную картину катастрофического поступления воды в вентиляционный штрек. Причиной катастрофического прорыва воды может быть развитие магистральной трещины из провала в направлении штрека, при этом природная морозобоинная трещина имеет значение только для начального этапа развития водопроводящего канала.

Из проведенного моделирования следует, что магистральная трещина может остановиться в своем развитии вблизи выработки. В этом случае возможен сильный локальный фильтрационный поток воды из трещины в выработку. На практике сильный фильтрационный поток воды в слабосвязанной горной породе приводит часто к размыву и обрушению породы на стенке выработки. В рассмотренном случае область обрушения породы достигла конца магистральной трещины, в результате чего последовал мощный поток воды в выработку.

В субарктических регионах в оценках возможности прорыва воды в подземные выработки следует учитывать возможное влияние вечной мерзлоты, которая, вообще говоря, препятствует проникновению воды в горные выработки. Однако надо принять во внимание, что под действием техногенных факторов, связанных с разработкой полезных ископаемых на малых глубинах, в массиве пород образуются сквозные талики. Благоприятствует образованию таликов наличие природных и искусственных водоемов на поверхности. В этом случае при весеннем оттаивании приповерхностных пород формируются наиболее неблагоприятные условия для прорыва воды в подземные выработки, расположенные на малых глубинах.

Итак, заполнение провала паводковой водой изменяет геомеханическое состояние массива и создает условия образования

магистральной трещины естественного гидроразрыва пород. Опасный приток воды в подземную выработку может быть связан как с непосредственным выходом трещины гидроразрыва пород в выработку, так и с предварительным интенсивным фильтрационным потоком воды из трещины в выработку в случае замедления ее развития. В слабых породах интенсивный фильтрационный поток воды (капезж) может служить индикатором последующего размыва породы и потока воды из магистральной трещины.

## Литература

1. Методические рекомендации по организации и проведении мероприятий, направленных на снижение последствий весеннего половодья и паводков. – М.: The Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters. 2000. 115с.
2. Свод правил "СНиП 2.01.09-91. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах» – М.: Министерство регионального развития РФ, 2011.
3. Valery Mironenko, Fridrich Strelesky. Hydrogeomechanical problems in mining // Mine Water and The Environment. Vo112. Annual Issue, 1993, pp. 35-40.
4. Luckner, L., and V. Shestakov. 1991 Migration Processes in the Soil and Groundwater Zone. Boca Raton .CRC Press. 504 p.
5. Иофис М.А., Мальцева И.А. Природа и механизм образования водопроводящих трещин в массиве горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2002. – №4. – С.33-34.
6. Xing M., Li W., Wang Q., Yang D. Risk Prediction of Roof Bed-Separation Water Inrush in Coal Mine, China // Electronic Journal of Geotechnical Engineering. – 2015. – Vol. 20.- Bund.1. – P.301-312.
7. Liu Y., Liu Q., Jin Z. Cai L., Cui X. A Simulation Study of Support Break-off and Water Inrush during Mining under High Confined and Thick unconsolidated Aquifer // Open Journal of Geology. – 2014. – Vol.4. –N 12. – P.
8. V.N. Odintsev, N.A. Miletenko. Water inrush in mines as a consequence of spontaneous hydrofracture // [Journal of Mining Science](#). 2015, Volume 51, [Issue 3](#), pp 423–434.
9. Гречищев С.Е., Чистотинов Л.В., Шур Ю.Л. Основы моделирования криогенных физико-геологических процессов. М.: Наука, 1984. — 230 с.
10. Милетенко И.В., Милетенко Н.А., Одинцев В.Н.. Моделирование наведенной нарушенности массива пород вблизи горных выработок. ФТПРПИ, Новосибирск, №6 2013, с.1-9
11. Горбачевский А.Г. Оработка остаточных запасов Юньягинского месторождения открытым способом в условиях Заполярья // ГИАБ. 2007. 1. С.258-265
12. Нурпеисова М.Б., Милетенко Н.А. Геомеханика. – Алматы: КазННТУ, 2015. – 245 с.
13. Милетенко Н.А. К вопросу о прорывах воды в подземные горные выработки // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – №6. – С.107-111.
14. Милетенко И.В., Милетенко Н.А., Одинцев В.Н. Новый геомеханический подход к прогнозу опасных гидрогеологических процессов при подземной разработке твердых полезных ископаемых // ГИАБ. – 2011. -№7. – С.103-108.
15. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах. – М.:Недра, 1985, 271с.

16. Янукович В.Ф., Азаров Н.Я., Алексеев А.Д., Анциферов А.В., Питаленко Е.И. Решение геозкологических и социальных проблем при эксплуатации и закрытии угольных шахт. – Донецк: Алан, 2002, 480с.

## References

1. Metodicheskiye rekomendatsii po organizatsii i provedenii meropriyatiy, napravlennykh na snizheniye posledstviy vesennego polovod'ya i pavodkov. – M.: The Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters. 2000. 115s.
2. Svod pravil "SNiP 2.01.09-91. Zdaniya i sooruzheniya na podrabatyvayemykh territoriyakh i prosadochnykh gruntakh» – M.: Ministerstvo regional'nogo razvitiya RF, 2011.
3. Valery Mironenko, Fridrich Strelesky. Hydrogeomechanical problems in mining // Mine Water and The Environment. Vo112. Annual Issue, 1993, pp. 35-40.
4. Luckner, L., and V. Shestakov. 1991 Migration Processes in the Soil and Groundwater Zone. Boca Raton .CRC Press. 504 r.
5. Iofis M.A., Mal'tseva I.A. Priroda i mekhanizm obrazovaniya vodoprovodyashchikh treshchin v massive gornykh porod // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2002. – №4. – S.33-34.
6. Xing M., Li W., Wang Q., Yang D. Risk Prediction of Roof Bed-Separation Water Inrush in Coal Mine, China // Electronic Journal of Geotechnical Engineering. – 2015. – Vol. 20.- Bund.1. – P.301-312.
7. Liu Y., Liu Q., Jin Z. Cai L., Cui X. A Simulation Study of Support Break-off and Water Inrush during Mining under High Confined and Thick unconsolidated Aquifer // Open Journal of Geology. – 2014. – Vol.4. –N 12. – P.
8. V.N. Odintsev, N.A. Miletenko. Water inrush in mines as a consequence of spontaneous hydrofracture // Journal of Mining Science. 2015, Volume 51, Issue 3, pp 423–434.
9. Grechishchev S.Ye., Chistotinov L.V., Shur YU.L. Osnovy modelirovaniya kriogennykh fiziko-geologicheskikh protsessov. M.: Nauka, 1984. — 230 s.
10. Miletenko I.V., Miletenko N.A., Odintsev V.N.. Modelirovaniye navedennoy narushennosti massiva porod vblizi gornykh vyrabotok. FTPRPI, Novosibirsk, №6 2013, s.1-9
11. Gorbachevskiy A.G. Otrabotka ostatochnykh zapasov Yun'yaginskogo mestorozhdeniya otkrytym sposobom v usloviyakh Zapolyar'ya // GIAB. 2007. 1. S.258-265
12. Nurpeisova M.B., Miletenko N.A. Geomekhanika. – Almaty: KazNITU, 2015. – 245 s.
13. Miletenko N.A. K voprosu o proryvakh vody v podzemnyye gornyye vyrabotki // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2007. – №6. – S.107-111.
14. Miletenko I.V., Miletenko N.A., Odintsev V.N. Novyy geomekhanicheskiy podkhod k prognozu opasnykh gidrogeologicheskikh protsessov pri podzemnoy razrabotke tverdykh poleznykh iskopayemykh // GIAB. – 2011. -№7. – S.103-108.
15. Stavrogin A.N., Protosena A.G. Prochnost' gornykh porod i ustoychivost' vyrabotok na bol'shikh glubinakh. – M.: Nedra, 1985, 271s.
16. Yanukovich V.F., Azarov N.YA., Alekseyev A.D., Antsiferov A.V., Pitalko Ye.I. Resheniye geoeologicheskikh i sotsial'nykh problem pri ekspluatatsii i zakrytii ugol'nykh shakht. – Donetsk: Alan, 2002, 480s.

### **Summary**

*Miletenko N. A., Odintsev V. N., Fedorov E. V.  
(Institute of integrated subsoil development problems RAS, Moscow)*

*Influence of features of stress-strain state of rock mass in subarctic regions on safe development of deposits*

*The paper addresses the mechanism of flood water inrush from a technogenic ground sinkhole into underground excavation. Basing on computed simulation it was demonstrated that an area of tensile stresses is formed in the zone affected by underground mining. A natural hydro-fracture of rocks may develop from the sinkhole into the excavation under the effect of tensile stresses and water hydrostatic pressure. On approaching the excavation the fracture may stop growing due to local rock compression near the excavation. A strong filtration water flow may occur from the fracture into the excavation that may lead to water erosion of excavation roof and dynamical water inrush into the excavation.*

*Keywords: underground mining, ground surface, flood water, technogenic rock stresses, natural hydrofracture, filtration, water inrush*

**Исаева Г.С.**

(к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Института Геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики)

## **КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ**

*Аннотация. Выполнен обзор программного обеспечения для планирования горных работ. Рассмотрены достоинства различных программных продуктов.*

*Ключевые слова: компьютерные системы, программные модули, программное обеспечение для планирования горных работ, интегрированные горные системы, специализированные горные системы.*

**Введение.** На современном этапе развития горной промышленности трудно представить планирование горных работ без применения компьютерных систем. Уровень компьютерных систем за последние 20 лет серьезно повысился. Это привело к изменению самого характера деятельности горных компаний, а также к закономерному росту их производительности. В данной работе рассмотрены разработанные и широко применяемые на Западе и в странах СНГ компьютерные системы и программное обеспечение для решения разнообразных задач планирования горных работ.

**Интегрированные системы.** Эти системы по принципу построения и функциональному назначению близки между собой. В их состав входит ядро и следующие модули: формирование баз данных (БД); интерактивная 3-х мерная графика и картирование; геостатистическая обработка информации; трехмерное моделирование геологических объектов; проектирование открытых и подземных горных работ; планирование развития рудников и календарное планирование; маркшейдерские расчеты [1,2].

В разных системах предлагаются дополнительные модули к стандартному набору, которые заметно расширяют возможности программного продукта. Большинство этих систем работают различными операционными системами, на любых платформах, а также в многопользовательском режиме в сетях. Они предоставляют пользователю колоссальный набор инструментов и стоят достаточно дорого, в зависимости от количества модулей и числа пользователей.

К числу наиболее сложных и развитых интегрированных систем в области планирования горных работ относятся **Minescape, Datamine, Vulcan, Minesight, Micromine, Surpac Vision, Gemcom** и др. [3,4,5].

К сожалению, в странах СНГ пока нет ни одной конкурентоспособной интегрированной горной системы. Работы в этом направлении ведутся в

Москве (Интегра), Апатитах (Горный институт КНЦ РАН), Белгороде (ВЮОГЕМ), Кривом Рогу и некоторых других местах.

Рассмотрим краткую характеристику наиболее распространенных в мире интегрированных горных систем применительно к выполняемым ими функциям планирования горных работ.

**MineScope** – это интегрированная 3-х мерная CAD система, созданная для геологического моделирования угольных и рудных месторождений, планирования и проектирования открытых и подземных горных работ. Она включает в себя: возможности моделирования и оценки любых типов месторождений; инструменты для проектирования и планирования работы рудников, разрезов и шахт, способность управлять этими процессами с учетом разных критериев и ограничений; пользовательский язык программирования; средства для создания отчетов, демонстраций, всевозможной графики. Данная система разработана Австралийской компанией Mincom Pty Ltd «<http://www.mincom.com/>».

Компания Mineral Industry Computing Ltd «<http://www.datamine.co.uk/>» разработала интегрированную систему Datamine. Не так давно была выпущена принципиально новая версия – Datamine Studio. Основные модули Датамайн-Студио: Моделирование месторождений; Каркасное моделирование пространственных тел и поверхностей; Моделирование складчатых структур; Многомерная статистика; Геостатистический анализ месторождений; Маркшейдерские построения и расчеты; Проектирование и планирование открытых горных работ; Календарное планирование горных работ; Оптимизация процесса усреднения руды; Краткосрочное планирование горных работ; Система управления запасами руды на складах; Проектирование и планирование подземных горных работ; Проектирование массовых взрывов на подземных рудниках; Оптимизация размещения и выемочных блоков на карьерах и подземных рудниках методом плавающего конуса и Трехмерный Стереонет.

Австралийская компания KJRA Systems, являющаяся членом известной группы компаний MAPTEK «<http://www.maptek.com/>», разработала мощную и достаточно дорогую интегрированную систему «**Vulkan**», имеющую большой набор модулей для решения самых разных задач в области геологии, горного дела, маркшейдерии, экологии:

- Набор программ для детальной обработки геологоразведочной информации;
- Инструменты для моделирования геологических объектов, в т.ч. - месторождений нефти и газа;
- Геостатистическое исследование месторождений и различные виды кригинга;
- Моделирование и расчет гидрогеологических характеристик объектов;



- Проектирование карьеров и подземных рудников на рудных и пластовых месторождениях;

- Моделирование устойчивых бортов карьеров, геомеханические расчеты;

- Контроль качества добываемой руды;

- Проектирование массовых взрывов на подземных рудниках;

- Оптимизация календарного плана горного предприятия;

- Проектирование генпланов предприятий;

- Моделирование экологических ситуаций;

- Детальные маркшейдерские расчеты, графика. Использование возможностей систем точного географического позиционирования (GPS);

- Возможности высокоточного лазерного моделирования объектов (I-Site);

- Интерфейсы для импорта/экспорта информации для большинства горных систем и общераспространенных пакетов программ;

- Мощные средства для получения изображений и вывода графики.

Американской компанией Mintec Inc. «<http://www.mintec.com/>» разработана система **MineSight** и она широко распространена на горных предприятиях США и Канады. Она имеет кроме Ядра, 5 основных модулей, каждый из которых – набор нескольких или многих специализированных программ: Моделирование месторождений; Проектирование горных работ; Планирование горных работ (Интерактивное планирование, Планирование на карьерах, Стратегическое планирование, Контроль за горными процессами). Данная система также имеет Инструменты общего назначения, которая обеспечивает создание и доступ к разным базам данных, управляет геологической информацией, обеспечивает связь с другими системами и программами с целью обмена информацией, содержит интерактивную библиотеку информации, используемую в разных подсистемах.

Система **Micromine** разрабатывалась австралийской фирмой Micromine Pty «<http://www.micromine.com.au/>» для геологической индустрии. Система имеет много инструментов для решения задач, возникающих при разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Одна из основных задач пакета - это моделирование месторождений и оценка запасов.

Пакет имеет полный набор инструментов для решения следующих задач:

1. Создание баз данных и работа с ними.

2. Проверка данных опробования и геологической документации на предмет возможных ошибок при их вводе.

3. Создание графики: разрезов, планов, трехмерных изображений с выводом любых данных (результаты опробования, геологические коды, гистограммы, заливки и пр.).

4. Классический статистический анализ геологоразведочной информации (опробование, геохимия, геофизика) с выводом на печать графиков, гистограмм, таблиц и результатов их анализа.

5. Интерактивная трехмерная интерпретация геологических разрезов и планов (геология, минерализация и пр.) с кодировкой каждого периметра.

6. Интерактивное трехмерное каркасное моделирование рудных тел, геологических формаций и поверхностей.

7. Полный геостатистический анализ любых трехмерных данных, включая расчет и моделирование вариограмм, карт вариаций изменчивости и оценки пространственной анизотропии минерализации.

8. Построение блочных моделей с заданным размером элементарных блоков.

9. Интерполяция содержаний в элементарных блоках моделей, используя известные алгоритмы и кригинг.

10. Возможность оценки запасов методом разрезов, в пределах каркасных моделей или с использованием блочных моделей.

11. Трехмерная визуализация любых данных, поддерживаемых Micromine с выводом их на печать.

Кроме того, пакет имеет модули и процессы для ввода и обработки:

- Геохимических и геофизических данных;
- Геодезических данных с возможностью трансформации географических сетей;
- Горных данных с возможностью проектирования карьеров и буровзрывных работ.

Австралийская компания Surpac Software International «<http://www.surpac.au/>» разработала динамично развивающейся и мощной системы **Surpac Vision**, а также других продуктов, связанных по большей части с планированием горных работ. Система из-за своей сравнительно невысокой стоимости и русскоязычной поддержки быстро распространяется в СНГ.

Система **Surpac Vision** – состоит из следующих модулей: Моделирование и оценка запасов месторождений, включая геостатистику; Проектирование карьеров и БВР; Проектирование подземных рудников и БВР; Маркшейдерские расчеты; Контроль качества рудопотоков; Календарное планирование; Обработка геологоразведочной информации; Обработка данных по скважинам, включая каротаж. Система имеет библиотеку стандартных символов и изображений для создания высококачественной графики.

Дополнительно поставляются следующие модули:

**Pit Optimisation** - Модуль работает непосредственно с блочной моделью, создаваемой в Surpac Vision.

**MineSched** – это современный и динамичный инструмент для календарного планирования открытых и подземных горных работ.

Результаты экспортируются в Microsoft Excel и Project для создания таблиц, графиков и презентаций.

**Maximiser** – это инструмент для средне и долгосрочного планирования горных работ. Он дает горному инженеру возможность максимизировать доходность в период жизни рудника, учитывая все реальные ограничения. Модуль был создан на принципах стратегического планирования и способен быстро найти оптимальное решение для обеспечения фабрики сырьем нужного качества с наименьшими затратами.

Разработанная канадской компанией Gemcom Software International Inc. «<http://www.gemcom.bc.ca/>» система GEMCOM включает в себя все требуемые функции, начиная от ввода первичных данных и заканчивая блочным моделированием месторождений, проектированием и планированием открытых и подземных горных работ.

Система является одной из самых распространенных в мире и включает в себя следующие основные модули: Управление данными геологоразведки; Геологическое опробование; Моделирование месторождений; Геомеханические расчеты; Проектирование карьеров и шахт; Планирование горных работ; Календарное планирование и производственная программа; Контроль производства; Управление работой горного оборудования; Экологическое моделирование; Управление документооборотом предприятия; Маркшейдерские расчеты.

Кроме традиционных для интегрированных систем этого класса ресурсов составления календарных планов система имеет специальный модуль **Go Scheduler**, который позволяет значительно улучшить качество и оперативность производственных планов. Данный модуль выполняет следующие функции:

Определяет требуемые параметры горного оборудования и его использование с заданной производительностью;

- Учитывает работу других переделов производства: цехов по переработке руды, рудных складов, отвалов, обслуживающих цехов;
- Настраивает и имитирует горные процессы (БВР, погрузка, транспорт руды и т.д.) с учетом их особенностей;
- Рассчитывает и выдает параметры плана и его экономические результаты.

Рассмотренные выше интегрированные горные системы не могут в большинстве случаев охватить весь спектр специализированных задач, связанных с разведкой и разработкой месторождений.

Область горного планирования постепенно становится объектом специализированных разработок, осуществляемых отдельными компаниями.

**Специализированные горные системы.** Существуют специализированные системы, такие как MINE2-4D, которая создана для оптимизации планов подземных горных работ.

Система NPV Scheduler используется для оптимизации карьеров и календарных планов открытых горных работ.

Программные продукты WHITTLE Three-D и Four-D предназначены для оптимизации карьеров.

Программные продукты MINEMAX, такие пакеты как MineMAX Planne, используя известные технологии оптимизации и трехмерной интерактивной визуализации, обеспечивает горного инженера быстрым инструментом для оптимизации границ карьера и стратегического анализа. MineMAX Scheduler- мощный инструмент для оптимизации календарного плана открытых горных работ.

Пакет iGantt - является мощным инструментом для календарного планирования открытых и подземных горных работ.

Программные продукты Runge: XPAC с созданием Базы данных по руднику осуществляет автоматическое многовариантное календарное планирование открытых и подземных горных работ; XPAC Autoscheduler – это единственный в своем роде пакет, который использует установленные пользователем правила и ресурсные ограничения, объединяет их с указанными целями и автоматически создает оптимальный календарный план; XPAC Underground Design разработан специально для угольных шахт, позволяет спланировать любой сценарий развития горных работ и оценить его экономические показатели, запасы угля, их качество рассчитываются автоматически при указании границ развития горных работ; XPAC Destination Scheduler – этот пакет предназначен для моделирования рудопотоков горного предприятия и создания на его основе оптимальных планов производства, он учитывает все направления движения материалов: руды разных сортов, пустой породы, закладки и т.д., также производится анализ всех видов транспорта.

Пакет XERAS - позволяет финансовое моделирование, расчет калькуляции себестоимости и экономические расчеты. XERAS Financial Modelling – выполняет цикл операций, связанных с анализом финансовых потоков горной компании. XERAS Advanced Budgeting – предназначен для обслуживания рабочих групп при создании операционных бюджетов и отчетов по их результатам.

### **Выводы**

1. В мире имеется 5 лидирующих компаний - Gemcom, Maptek, Mintec, Surpac и Datamine, которые разрабатывают и предлагают на рынке, интегрированных и специализированных горных систем. В состав интегрированных систем входит ядро и следующие модули: формирование баз данных (БД); интерактивная 3-х мерная графика и картирование; геостатистическая обработка информации; трехмерное моделирование геологических объектов; проектирование открытых и подземных горных работ; планирование развития рудников и календарное планирование; маркшейдерские расчеты.

2. Специализированные программы предназначены для областей технологии, которые пока (полностью или частично) не обеспечиваются интегрированными горными системами. Тематика таких пакетов: оптимизация карьеров, календарное планирование, буровзрывные работы, вентиляция, геомеханика, экология и т.д.

### **Литература**

1. Попков Ю.Н. Информационные технологии в горном деле / Попков Ю.Н., Прокопов А.Ю., Прокопова М.В. Издание: ЮРГТУ (НПИ), Новочеркасск, 2007 г., 202 стр.
2. Капутин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ (для горных инженеров). Текст. /Ю.Е. Капутин, - СПб.: Недра, 2007г. , 424 с.
3. Process Mining. Data Science in Action. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016.
4. <https://www.capterra.com/mining-software/>.
5. <https://www.g2.com/categories/mining>.

### **References**

1. Popkov Ju.N. Informacionnye tehnologii v gornom dele / Popkov Ju.N., Prokopov A.Ju., Prokopova M.V. Izdanie: JuRG TU (NPI), Novocherkassk, 2007 g., 202 str.
2. Kaputin Ju.E. Informacionnye tehnologii planirovaniya gornyh rabot (dlja gornyh inzhenerov). Tekst. /Ju.E. Kaputin, - SPb.: Nedra, 2007g., 424 s.
3. Process Mining. Data Science in Action. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016.
4. <https://www.capterra.com/mining-software/>.
5. <https://www.g2.com/categories/mining>

UDC 044.4

### **Summary**

**Isaeva G.S.**

*(Ph.D, leading researcher of the Geomechanics and Subsoil Development Institute of the National Academy of Science of Kyrgyz Republic)*

#### *Mining planning computer systems*

*Abstract. The review of mining planning software is presented. The advantages of various software products are considered.*

*Keywords: computer systems, software modules, mining planning software, integrated mining systems, specialized mining systems.*

**Вершинин А.В.<sup>1</sup>, Сон Д.В.<sup>2</sup>, Бахтыбаев Н.Б.<sup>3</sup>**  
(ООО «Фидесис»<sup>1</sup>, УД АО «АрселорМиттал Темиртау»<sup>2</sup>, ТОО «Mining Research Group»<sup>3</sup>)

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УЧАСТКА УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ В СРЕДЕ CAE FIDESYS**

*Аннотация. В работе описывается подход геомеханического моделирования больших участков массива с помощью программного обеспечения CAE FIDESYS. Приводится определение геомеханической модели месторождения. Описан процесс поэтапного геомеханического моделирования месторождения.*

*Ключевые слова: геомеханика, кернеулі деформацияланган күйі, модель, шахты, геомеханика, напряженно-деформированное состояние, модель, шахта, geomechanical, stress-strain state, model, mine.*

Развитие компьютерных технологий и увеличение вычислительных мощностей персональных компьютеров способствует развитию численного геомеханического моделирования. За последние годы появилось большое количество программного обеспечения на основе методов вычислительной математики позволяющее реализовать численные модели различной сложности в различных отраслях производства. Современное горное дело уже нельзя представить без применения компьютерных технологий. Методы численного моделирования широко используются для создания геомеханических численных моделей месторождений полезных ископаемых. Чаще всего численные модели применяются для решения локальных задач, небольших участков и объектов. В последние годы все широкое распространение получают геомеханические модели месторождений.

Выполненный обзор показывает, что общепринятого определения геомеханической модели месторождения на сегодняшний день нет. Каждый термин «Геомеханическая модель месторождения» понимает по своему. И нет общепринятого определения. Можно сформулировать два различных определения:

1 Геомеханическая модель месторождения – это модель месторождения, в трехмерном пространстве состоящая из элементов, содержащих заданную информацию о массиве горных пород. Иными словами это блочная модель, содержащая комплекс данных.

2 Геомеханическая модель месторождения – это численная модель основанная на механике сплошных сред включающая как геологические так и геотехнические данные. Иными словами это геомеханическая модель напряженно-деформированного состояния массива горных пород

в масштабе месторождения. Далее в работе под геомеханической моделью авторы будут иметь ввиду второе определение.

Можно различить плоские модели и трехмерные геомеханические модели массива горных пород. Плоские геомеханические модели позволяют решать множество задач геомеханики и отличаются простотой реализации и наименьшими затратами ресурсов. Благодаря этим преимуществам программные продукты позволяющие реализовывать двумерные геомеханические модели получили широкое распространение. В свою очередь не все задачи геомеханики возможно решить в плоской постановке. Трехмерное моделирование напряженно-деформированного состояния позволяет моделировать такие сложные объекты как сопряжения горных выработок, выработки вблизи выработанных пространств и т.д.

Для демонстрации преимущества комплексного трехмерного геомеханического моделирования месторождения рассмотрим пример участка угольной шахты планируемой к отработке (рисунок 1).

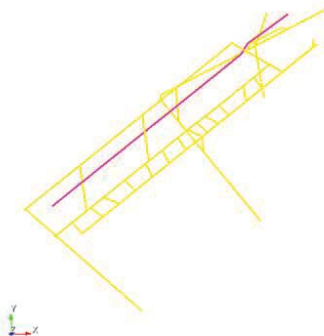


Рисунок 1 – Комплекс проектируемых выработок

На рассматриваемом участке показаны как пластовые, так и полевые выработки, пройденные ниже и выше пласта.

Рассматриваемый участок пройден вблизи ранее отработанных участков. Для расчетов принят участок выработанного пространства, прилегающий непосредственно к рассматриваемому участку.

С учетом оседания земной поверхности была принята геометрическая фигура в форме призмы (рисунок 2).

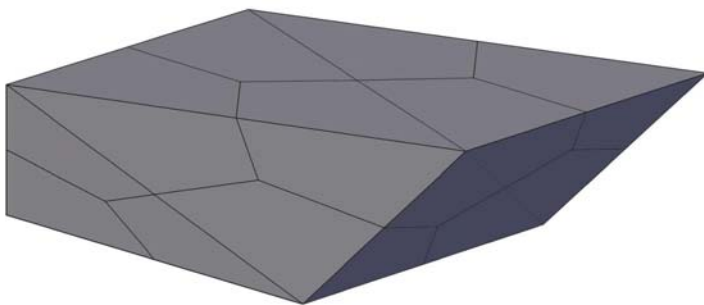


Рисунок 2 – Условное представление выработанного пространства

При этом углы наклона ребер приняты с учетом углов сдвижения согласно [1].

Таким образом, моделируемый участок можно представить следующим образом (рисунок 3)

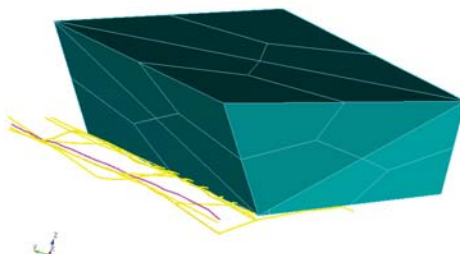


Рисунок 3 – Взаимное расположение комплекса выработок и выработанного пространства.

Учитывая размеры моделируемого участка и возможности современных компьютеров, было принято решение о поэтапном моделировании участка.

На первом этапе моделируется комплекс выработок и выработанное пространство. При этом принимается усредненные физико-механические свойства горных пород для всего массива. Породы, заключенные в области в качестве выработанного пространства моделируются без упругих связей.

На втором этапе моделируется комплекс выработок с учетом залегания песчаников. При этом учитывается общее распределение напряжений в рассматриваемой области.

На третьем этапе моделируются отдельные горные выработки с учетом детальной литологии.



Моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород на участке угольной шахты производилось в программном обеспечении CAE Fidesys 2.1. Благодаря новому мет CAE Fidesys 2.1оду «спектральных элементов», и генератору неструктурированных сеток, программное обеспечение позволяет добиться более высокой точность и скорость расчетов.

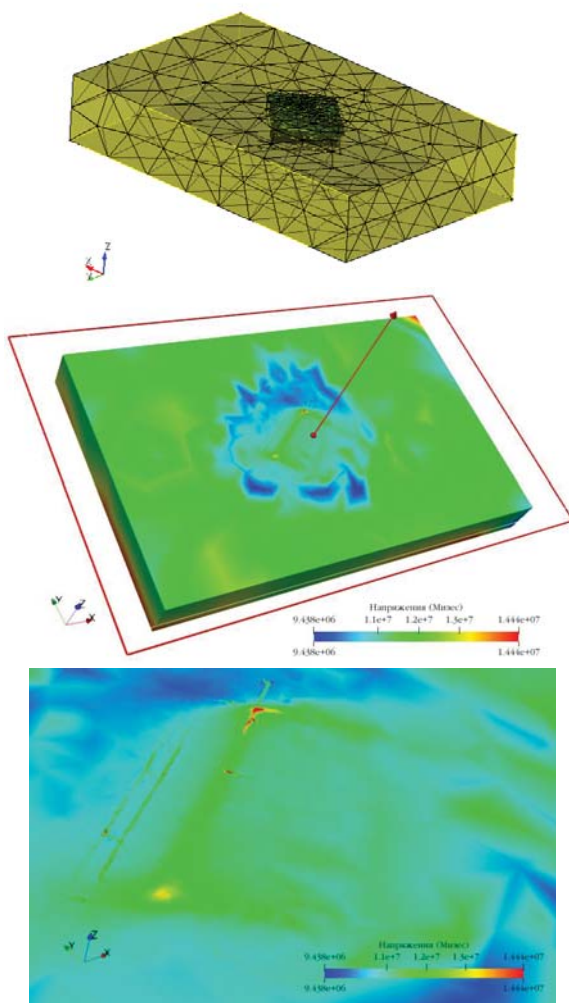


Рисунок 4 – Результаты моделирования

Благодаря представленному подходу появляется возможность с большей достоверностью прогнозировать устойчивость горных выработок по сравнению с локальными моделями.

В свою очередь необходимо отметить, что представленный подход все же остается ресурсоемким, требует очень много времени на подготовительную работу. Для применения данного подхода должно быть изучено природное поле напряжений и направления главных напряжений.

### Литература

1 Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа. Караганда 1998 г.

2 Руководство пользователя программного обеспечения CAE Fidesys.

3 А. В. Вершинин, Д. И. Сабитов, С. Ю. Ишбулатов, А. В. Мясников. Моделирование гидрогеомеханических пластовых процессов путем внешнего сопряжения специализированных вычислительных пакетов и универсальной CAE Fidesys. Чебышевский сборник, Том 18, № 3, стр.154–186, 2017. DOI: [10.22405/2226-8383-2017-18-3-154-186](https://doi.org/10.22405/2226-8383-2017-18-3-154-186)

4 Левин В. А., Вершинин А. В. Численные методы. Параллельные вычисления на ЭВМ Т.2 (Нелинейная вычислительная механика прочности. Цикл монографий в 5 томах под. ред. В.А. Левина). — Издательство Физматлит, Москва, 2015. — 544 с.

5 Левин В. А., Зингерман К. М., Вершинин А. В. Геомеханическое моделирование роста трещин при конечных деформациях. Зоны предразрушения //Технологии сейсморазведки. — 2014. — № 4. — С. 34–39.

6 Р. Ф. Мифтахов, А. В. Мясников, А. В. Вершинин, С. С. Чугунов, К. М. Зингерман. О построении гидрогеомеханических моделей сланцевых формаций. Технологии сейсморазведки, №4, стр. 97–108, 2015. DOI: 10.18303/1813-4254-2015-4-97-108

7 Морозов Е. М., Левин В. А., Вершинин А. В. Прочностной анализ. Фидесис в руках инженера. — Издательская группа URSS. Москва, 2015. — 408 с.

8 M. Charara, A. Vershinin, D. Sabitov, and G. Pekar. Sem wave propagation in complex media with tetrahedral to hexahedral mesh. In 73rd European Association of Geoscientists and Engineers Conference and Exhibition, pages 41–45. Vienna, Austria, 2011.

9 M. Charara, A. Vershinin, E. Deger, D. Sabitov, G. Pekar. 3D spectral element method simulation of sonic logging in anisotropic viscoelastic media. In SEG Expanded Abstracts, Vol. 30, p. 432–437, 2011. DOI: 10.1190/1.3628113

10 Karpenko, V., Vershinin, A., Levin, V., Zingerman, K. (2016). Some results of mesh convergence estimation for the spectral element method of different orders in Fidesys industrial package: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 158:012049.

11 Komatitsch, D., Vilotte, J.-P. (1998). The spectral element method: an efficient tool to simulate the seismic response of 2D and 3D geological structures: Bulletin of Seismological Society of America, 88(2).

12 Konovalov D A, Vershinin A V, Zingerman K M and Levin V A 2017 The Implementation of Spectral Element Method in a CAE System for the Solution of Elasticity Problems on Hybrid Curvilinear Meshes Modelling and Simulation in Engineering DOI:[10.1155/2017/1797561](https://doi.org/10.1155/2017/1797561)

13 Kononov, D., Yakovlev, M. (2017). Numerical estimation of effective elastic properties of elastomer composites under finite strains using spectral element method with CAE Fidesys: *Chebyshevskiy sbornik*, Vol. 17, No. 3. – P. 316–329.

14 Levin V. A., A. V. Vershinin, K. M. Zingerman. Numerical analysis of propagation of nonlinear waves in prestressed solids. *Modern Applied Science*, Vol. 10(4), p. 158–167, 2016. DOI:10.5539/mas.v10n4p158

15 Levin, V., Vdovichenko, I., Vershinin, A., Yakovlev, M., Zingerman, K. (2017). An approach to the computation of effective strength characteristics of porous materials: *Letters on Materials*, Vol. 7, No. 4. P. 806–816.

16 Levin V. A., K. M. Zingerman, A. V. Vershinin, E. I. Freiman, A. V. Yangirova. Numerical analysis of the stress concentration near holes originating in previously loaded viscoelastic bodies at finite strains. *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 50, p. 3119–3135, 2013. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2013.05.019

17 Nikishkov G. P., A. V. Vershinin, Y. G. Nikishkov. Mesh-independent equivalent domain integral method for j-integral evaluation. *Advances in Engineering Software*, Vol. 100, p. 308–318, 2016. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2016.08.006

18 Stefanov, Y., Myasnikov A. (2015). Modeling of inelastic deformation around vertical and horizontal wells: *AIP Conference Proceedings*. — Vol. 1683. — P. 020221–1–020221–4

19 Vershinin A. V., V. A. Levin, K. M. Zingerman, A. M. Sboyshakov, M. Yakovlev. Software for estimation of second order effective material properties of porous samples with geometrical and physical nonlinearity accounted for. *Advances in Engineering Software*, Vol. 86, p. 80–84, 2015. DOI:10.1016/j.advengsoft.2015.04.007

20 Zienkiewicz O C and Taylor R L 2014 *The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics*, Seventh Edition (Amsterdam: Elsevier)

21 <http://www.cae-fidesys.com>

## References

1 Инструксия po bezopasnomu vedeniyu gornyykh rabot na plastakh, opasnykh po vnezapnym vybrosam uglya i gaza. Karaganda 1998 g.

2 Rukovodstvo pol'zovatelya programmnoy obespecheniya CAE Fidesys.

3 A. V. Vershinin, D. I. Sabitov, S. YU. Ishbulatov, A. V. Myasnikov. Modelirovaniye gidrogeomekhanicheskikh plastovyykh protsessov putem vneshnego sopryazheniya spetsializirovannykh vychislitel'nykh paketov i universal'noy CAE Fidesys. *Chebyshevskiy sbornik*, Tom 18, № 3, str.154–186, 2017. DOI: 10.22405/2226-8383-2017-18-3-154-186

4 Levin V. A., Vershinin A. V. Chislennyye metody. Parallelnyye vychisleniya na EVM T.2 (Nelineynaya vychislitel'naya mekhanika prochnosti. Tsikl monografiy v 5 tomakh pod. red. V.A. Levina). — Izdatel'stvo Fizmatlit, Moskva, 2015. — 544 s.

5 Levin V. A., Zingerman K. M., Vershinin A. V. Geomekhanicheskoye modelirovaniye rosta treshchin pri konechnykh deformatsiyakh. *Zony predrazrusheniya //Tekhnologii seysmorazvedki*. — 2014. — № 4. — S. 34–39.

6 R. F. Miftakhov, A. V. Myasnikov, A. V. Vershinin, C. C. Chugunov, K. M. Zingerman. O postroyenii gidrogeomekhanicheskikh modeley slantsevykh formatsiy. *Tekhnologii seysmorazvedki*, №4, str. 97–108, 2015. DOI: 10.18303/1813-4254-2015-4-97-108

7 Morozov Ye. M., Levin V. A., Vershinin A. V. Prochnostnoy analiz. *Fidesis v rukakh inzhenera*. — Izdatel'skaya gruppa URSS. Moskva, 2015. — 408 s.

8 M. Charara, A. Vershinin, D. Sabitov, and G. Pekar. Sem wave propagation in complex media with tetrahedral to hexahedral mesh. In *73rd European Association of Geoscientists and Engineers Conference and Exhibition*, pages 41–45. Vienna, Austria, 2011.

9 M. Charara, A. Vershinin, E. Deger, D. Sabitov, G. Pekar. 3D spectral element method simulation of sonic logging in anisotropic viscoelastic media. In SEG Expanded Abstracts, Vol. 30, p. 432–437, 2011. DOI: 10.1190/1.3628113

10 Karpenko, V., Vershinin, A., Levin, V., Zingerman, K. (2016). Some results of mesh convergence estimation for the spectral element method of different orders in Fidesys industrial package: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 158:012049.

11 Komatitsch, D., Vilotte, J.-P. (1998). The spectral element method: an efficient tool to simulate the seismic response of 2D and 3D geological structures: Bulletin of Seismological Society of America, 88(2).

12 Konovalov D A, Vershinin A V, Zingerman K M and Levin V A 2017 The Implementation of Spectral Element Method in a CAE System for the Solution of Elasticity Problems on Hybrid Curvilinear Meshes Modelling and Simulation in Engineering DOI:10.1155/2017/1797561

13 Konovalov, D., Yakovlev, M. (2017). Numerical estimation of effective elastic properties of elastomer composites under finite strains using spectral element method with CAE Fidesys: Chebyshevskiy sbornik, Vol. 17, No. 3. – P. 316–329.

14 Levin V. A., A. V. Vershinin, K. M. Zingerman. Numerical analysis of propagation of nonlinear waves in prestressed solids. Modern Applied Science, Vol. 10(4), p. 158–167, 2016. DOI:10.5539/mas.v10n4p158

15 Levin, V., Vdovichenko, I., Vershinin, A., Yakovlev, M., Zingerman, K. (2017). An approach to the computation of effective strength characteristics of porous materials: Letters on Materials, Vol. 7, No. 4. P. 806–816.

16 Levin V. A., K. M. Zingerman, A. V. Vershinin, E. I. Freiman, A. V. Yangirova. Numerical analysis of the stress concentration near holes originating in previously loaded viscoelastic bodies at finite strains. International Journal of Solids and Structures, Vol. 50, p. 3119–3135, 2013. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2013.05.019

17 Nikishkov G. P., A. V. Vershinin, Y. G. Nikishkov. Mesh-independent equivalent domain integral method for j-integral evaluation. Advances in Engineering Software, Vol. 100, p. 308–318, 2016. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2016.08.006

18 Stefanov, Y., Myasnikov A. (2015). Modeling of inelastic deformation around vertical and horizontal wells: AIP Conference Proceedings. — Vol. 1683. — P. 020221–1 –020221–4

19 Vershinin A. V., V. A. Levin, K. M. Zingerman, A. M. Sboyachkov, M. Yakovlev. Software for estimation of second order effective material properties of porous samples with geometrical and physical nonlinearity accounted for. Advances in Engineering Software, Vol. 86, p. 80–84, 2015. DOI:10.1016/j.advengsoft.2015.04.007

20 Zienkiewicz O C and Taylor R L 2014 The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics, Seventh Edition (Amsterdam: Elsevier)

21 <http://www.cae-fidesys.com>

ӨОЖ 622.142

### **Резюме**

*Вершинин А.В.1, Сон Д.В.2, Бахтыбаев Н.Б.3  
("Фидесис"ЖШҚ<sup>1</sup>, "АрселорМиттал Теміртау"АҚ<sup>2</sup>, "Mining Research Group"  
ЖШС<sup>3</sup>)*

*CAE FIDESYS ортасында көмір шахтасы учаскесінің кернеулі-  
деформацияланған күйін сандық моделдеу*

Жұмыста CAE FIDESYS бағдарламалық қамтамасыз ету көмегімен массивтің үлкен учаскелерін геомеханикалық модельдеу тәсілі сипатталады. Кен орнының геомеханикалық моделін анықтау келтіріледі. Кен орнын кезең-кезеңмен геомеханикалық модельдеу процесі сипатталған.

Түйінді сөздер: геомеханика, кернеулі деформацияланған күй, модель, шахталар

UDC 622.142

### **Summary**

Vershinin A. V.<sup>1</sup>, Son V. D.<sup>2</sup>, Bahtubaev N.B.<sup>3</sup>  
(LLS Fidesys<sup>1</sup>, CD JSC "ArcelorMittal Temirtau"<sup>2</sup>, LLP "Mining Research Group"<sup>3</sup>)

*Numerical simulation of the stress-strain state of a coal mine site in CAE FIDESYS*

*The paper describes the approach of geomechanical modeling of large areas of the array using CAE FIDESYS software. The definition of the geomechanical model of the Deposit is given. The process of step-by-step geomechanical modeling of the field is described.*

*Key words: geomechanical, stress-strain state, model, mine.*

### **Мониторинговые решения для недропользователей**

Всё в нашем мире находится в относительном движении. Дрейф грунта вблизи наблюдаемого объекта, сложная конструкция и большой вес, повышенная сейсмическая активность района нахождения объекта, всё это приводит к деформационным процессам, которые могут быть как допустимыми, так и критическими.

- Получение информации о деформациях сооружений, вызванных температурными изменениями, влиянием ветров и изменением загруженности.

- Выявление направления развития деформаций. Определение отклонений от вертикали и кручение конструкций.

- Своевременное выявление опасных деформаций позволяет принять ряд необходимых мер по предотвращению дальнейшего разрушения объекта.

Системы мониторинга позволяют нам предупреждать катастрофы, минимизировать убытки и избегать жертв, - это является важной составляющей риск-менеджмента, осуществляющего контроль за сложными инженерными объектами. Система мониторинга может быть установлена как в процессе строительства объекта, так и во время его последующей эксплуатации.

Анализ данных позволяет определить изменение пространственного положения ключевых точек объекта во времени, а также предупредить чрезмерную нагрузку объекта и оптимизировать эксплуатационные работы.

При реализации системы может использоваться различное геодезическое оборудование (роботизированные тахеометры, ГНСС приемники) и геотехнические датчики (инклинометры, термометры, тензодатчики и т.д.).

Важным компонентом системы мониторинга является программное обеспечение, которое позволяет выполнять сбор данных, осуществлять их численное и графическое представление, анализировать полученные результаты и осуществлять контроль превышений установленных допусков.

Для осуществления мониторинга современного геодинамического состояния недр на месторождениях необходима организация систематических (повторных) маркшейдерско-геодезических наблюдений.

В современном мире увеличивается количество нефтегазовых месторождений и открытых карьеров. Усложнение конструкций инженерных объектов, безусловно, увеличивают риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Также необходимо учитывать, что многие объекты находятся в зонах где возможны сейсмические воздействия.

На каких объектах обычно используются автоматизированные системы мониторинга? Мостовые переходы, высотные здания, карьеры, естественные ландшафты (места обвалов грунта и селей), туннели и шахты,

железнодорожное полотно, плотины и дамбы. Установленная на объекте система мониторинга рассчитана на длительную работу в течении всего срока эксплуатации объекта. Сбор данных с приборов и их обработка производится в непрерывном режиме, результаты выводятся на монитор оператора, а также сохраняются в базе данных.

### **Основные преимущества автоматических систем мониторинга**

- Непрерывное отслеживание движений и деформаций.
- Своевременная фиксация любых внезапных изменений в движении.
- Отсутствие человеческого фактора в своевременном обнаружении изменений. Измерения, полученные вручную, требуют больших временных затрат и человеческих ресурсов.

- Вычисления и анализ в режиме реального времени.

- Формирование срочных оповещений в случае тревоги.

Все используемые датчики для сбора данных и периферийное оборудование объединяются в общую сеть, которая настраивается и управляется из единого диспетчерского центра. Формирование предупреждений о смещениях происходит с большой оперативностью и возможностью передачи по распространенным каналам связи (E-mail, SMS, вывод на звуковую сирену и т.д.).

Автоматизация измерений позволяет исключить ошибки вследствие человеческого фактора, что существенно экономит средства на исполнительные работы. К примеру, в случае использования аппаратуры с автоматическим поиском и захватом цели исключается возможность неточного наведения на отражатель.

Современные системы деформационного мониторинга могут быть легко масштабируемы возможностью дополнения системы новыми измерительными инструментами без остановки штатной работы.

Обслуживание даже самой сложной системы может проводить один специалист, а данные об объекте можно просматривать в режиме реального времени дистанционно из любой точки мира с помощью сети Интернет.

Важным преимуществом комплексной системы мониторинга является возможность совмещения различных датчиков в единой сети и возможность экспорта данных любых измерений в общую информационную базу.

Точность системы мониторинга определяется технологическими схемами и применяемыми датчиками и может достигать 0,01 мм.

### **Решения Leica Geosystems**

На сегодняшний день Leica Geosystems рада предложить целый спектр решений для мониторинга деформаций для недропользователей. К ним можно отнести автоматизированные системы мониторинга Leica GeoMoS, Leica GeoMoS Now, роботизированные тахеометры, георадары и услугу CrossCheck. Всё это можно использовать в разных комбинациях, получая все больше данных для определения и прогнозирования деформаций.

Преимущества комплексной системы Leica Geosystems — совместимость датчиков всех типов в единой сети и возможность экспорта данных всех измерений в единую информационную базу. Данные компонентов системы обрабатываются в едином программном обеспечении.

### **Leica GeoMoS**

Все используемые устройства для сбора данных объединяются в общую сеть, которая настраивается и управляется из единого центра контроля. Центр контроля представляет собой персональный компьютер с программным комплексом Leica GeoMoS, позволяющим принимать данные с устройств, регистрировать их, выполнять анализ и, в случае возникновения критических изменений на объекте мониторинга, предупреждать об этом инженеров.

Leica GeoMoS позволяет отображать и анализировать данные измерений как со всех датчиков системы, так и с каждого в отдельности. Оповещения об аварийных подвижках на объекте могут быть немедленно отправлены оператору сети по электронной почте, SMS или факсу. Оператор получит предупреждение об опасности именно тогда, когда значение контролируемого параметра достигнет заданной заранее критической величины. В качестве средств передачи данных между элементами сети может использоваться проводная и беспроводная связь (WiFi, радиоканалы) и др.

Процесс измерения на всех датчиках системы и передачи данных в контрольный центр полностью автоматизирован и не требует участия человека. Измерения могут автоматически повторяться через заданные промежутки времени.

Еще одно важное преимущество автоматизированных систем мониторинга — гибкость комплектования. При необходимости можно без долговременной остановки процесса мониторинга добавлять, исключать или заменять элементы сети. Каждую сеть можно расширить и совместить с другими сетями.

Программное обеспечение Leica GeoMoS - управляет гибкой автоматической системой мониторинга деформаций, которая состоит из множества датчиков и обеспечивает безопасность инженерных сооружений. Программа имеет численное и графическое представление измерений, выполняет постобработку и анализ результатов и имеет настраиваемый вид графиков.

Leica GeoMoS Now! - программное обеспечение, позволяющее просматривать состояние объекта из любого места где есть интернет.

Тахеометр Leica Nova MS60 - важный компонент уникальной системы мониторинга, состоящей из тахеометров, GNSS приемников и антенн, геотехнических датчиков, программного обеспечения и элементов коммуникационной инфраструктуры. Позволяет производить мониторинг с помощью 3D сканирования и сравнение облаков точек для выявления непосредственных зон деформаций.



## Услуга CrossCheck

Не маловажное значение в мониторинге для недропользователей играет услуга CrossCheck. Leica CrossCheck — это специализированный веб-сервис высокоточного определения координат и мониторинга деформаций с использованием данных глобальных навигационных спутниковых систем. В нем используется программное обеспечение Bernese GPS Software 5.0 и алгоритмы обработки спутниковых данных для гарантированного получения высокоточных и надежных результатов даже при сверхдлинных базовых линиях. Bernese GPS отвечает стандартам качества в области высокоточной спутниковой геодезии при обработке наблюдений ГНСС и широко применяется в научных исследованиях для вычисления координат, параметров орбит, изучения ионосферы, тропосферы, движения земной коры и определения множества других параметров. Данное программное обеспечение позволяет исключить ошибки и устранить неясность в обработке базовых линий, чем достигается высокая точность результатов.

Файлы спутниковых наблюдений передаются на удаленный FTP-сервер Leica Geosystems в автоматическом режиме. Доступ к результатам спутникового мониторинга деформаций осуществляется через специальный Интернет-портал.

При обработке данных спутниковых наблюдений в сервисе Leica CrossCheck используется информация об уточненных элементах орбит спутников ГНСС и ориентации полюсов. Эта информация предоставляется службой IGS (International GNSS Service) в Международной земной системе отсчета ITRS (International Terrestrial Reference System), которая, начиная с 1988 г., имеет несколько практических реализаций в виде ITRF (International Terrestrial Reference Frame) — Международной земной отсчетной основы. ITRF закреплена на земной поверхности опорными пунктами, которые, вследствие постоянного движения тектонических плит, регионального оседания почвы и т.п., смещаются. Все опорные пункты имеют скорость движения, которая зависит от скорости движения тектонической плиты, на которой они расположены. Поскольку ITRS задана как неподвижная система отсчета, служба IGS постоянно уточняет и относит к определенной временной эпохе координаты опорных пунктов. В результате сумма всех смещений опорных пунктов вследствие движения тектонических плит равняется нулю.

Параметры орбит спутников ГНСС и ориентация полюсов вычисляются постоянно действующими станциями службы IGS на опорных пунктах ITRF с использованием данных глобальных сетей, точных методов расчета и комбинированных решений различных исследовательских центров. Эфемериды доступны с задержкой в 12–18 дней и имеют высокую точность. Служба IGS предоставляет эфемериды также и в кратчайшие сроки, но с менее высокой точностью. В сервисе Leica CrossCheck используется средняя эпоха наблюдений, гарантирующая согласованность между координатами станций и точными элементами орбит спутников.

Погрешности определения элементов приведения спутниковых антенн вызывают систематические ошибки, которые зависят от угла возвышения, азимута и частоты спутникового сигнала. Для учета положения фазового центра антенн в сервисе Leica CrossCheck используются средние параметры абсолютных калибровок антенн приемников в ITRF–2008. Определение координат контрольных точек также выполнялось в ITRF–2008.

Положение контрольных точек в плане (по оси X и Y) и по высоте (по оси N) отображается в виде графиков смещений в течение всего времени наблюдений на специальном Интернет портале (рис. 7–9). Доступ к результатам мониторинга предоставлялся по индивидуальному логину и паролю.

Среди основных результатов разработки и внедрения системы спутникового мониторинга деформаций можно назвать следующие:

- мониторинг с помощью сервиса Leica CrossCheck показал достаточно высокую надежность и эффективность контроля деформаций;
- система позволяет выявлять смещения контрольных точек с предельной погрешностью до 5 мм в трехмерном пространстве с вероятностью 95%;
- система функционирует как сервис, что позволяет избежать сложной инсталляции и настройки программного обеспечения, обучения персонала и ее поддержки в работоспособном состоянии;
- мониторинг выполнялся круглосуточно в полностью автоматическом режиме.

Таким образом, система спутникового мониторинга с помощью сервиса Leica CrossCheck позволяет осуществлять контроль деформаций конструкций платформы, возникающих при воздействии сил и нагрузок, изменяющихся во времени по величине и направлению. Сравнение измеренных величин деформаций с установленными проектом предельными величинами дает возможность оценивать степень повреждения конструкций и определять их техническое состояние.

С услугой CrossCheck используются ГНСС приемники как датчики. ГНСС приемник Leica GR30 - базовая станция, позволяющая выполнять высокоточные кодовые и фазовые измерения, и осуществлять запись и передачу данных с частотой до 50 Гц.

ГНСС антенна Leica AR25 имеет конструкцию в виде 3D конуса, которая имеет ряд существенных преимуществ по сравнению со стандартной 2D антенной. Антенна обеспечивает лучший прием сигналов спутников на низких углах возвышения и с низким отношением сигнал/шум, а также подавление эффекта многолучевости.

Инclinометр Nivel - датчик для определения угла наклона одновременно по двум горизонтальным осям, и температуры окружающей среды.

Также в системе автоматического мониторинга могут быть использованы измерительные приборы сторонних производителей.

## **Компоненты и этапы проектов систем деформационного мониторинга**

В состав проекта по деформационному мониторингу входят аппаратные средства (геодезическое оборудование и геотехнические датчики), аварийные системы оповещения, системы коммуникаций и электропитания. В зависимости от конкретных требований и выбирается оптимальное компьютерное и коммуникационное оборудование для организации вычислительного центра системы.

Программное обеспечение состоит из следующих блоков: сбор, обработка и архивирование данных, контроль за входждением в установленные допуски и статистический анализ.

Система настраивается для возможности изменения установок датчиков и программных модулей удаленным способом. Разрабатываются и устанавливаются защитные конструкции для обеспечения сохранности измерительных приборов и отражателей.

Важным элементом реализации проекта является сервисное обслуживание системы и обучение персонала заказчика по вопросам эксплуатации системы.

Этапы проектов:

- рекогносцировка объекта
  - о сбор информации об объекте
  - о выявление зон, подверженных деформациям
  - о определение параметров деформации
- разработка проекта
  - о определение состава оборудования
  - о определение мест размещения измерительных сенсоров
  - о разработка систем коммуникаций
- инсталляция и настройка
  - о монтаж оборудования
  - о установка каналов связи
  - о настройка сенсоров и программного обеспечения
- тестовая эксплуатация
  - о эксплуатация в тестовом режиме
  - о выявление и исправление проблемных мест
- эксплуатация в штатном режиме
  - о сбор и анализ данных о деформационных процессах объекта
  - о формирование отчетов о состоянии объекта
- сервисное обслуживание
  - о периодическая поверка измерительных сенсоров
  - о отслеживание состояния элементов системы
  - о техническая поддержка

## **Безопасность избыточной не бывает**

Воздействующие факторы

Большое количество инженерных объектов спроектированы без учета сегодняшних современных требований по сейсмическому воздействию. Старение конструкций и накопление деформаций в процессе многолетней эксплуатации приводят к изменениям физико-механических свойств материалов сооружений и грунтов в их основаниях. Любому инженерному сооружению присущи и так называемые «собственные колебания», частота которых зависит от конструктивных особенностей элементов сооружения, используемых материалов и целого ряда иных факторов.

#### Риск-менеджмент

Деформационный мониторинг позволяет фиксировать любые отклонения от проектных величин даже самые незначительные (не говоря уже о серьезных, вызванных, например, стихийными бедствиями). Постоянное наблюдение за деформационными процессами способствует своевременному предупреждению возникающих рисков и принятию необходимых мер по предотвращению аварийных ситуаций. Современная система мониторинга – это эффективный институт защиты инвестиций.

#### Экономическая эффективность

Если провести экономические расчеты ресурсов, необходимых для проведения традиционных измерений (транспортные расходы, затраты на оборудование и персонал), то станет очевидно, что система автоматического деформационного мониторинга окупается за 2-3 года эксплуатации.

При этом, для обслуживания даже самой сложной системы достаточно одного специалиста, а вероятность ошибки измерений близка к нулю. В частности, такие ошибки как неточное наведение тахеометра на отражатель или пропущенные цели полностью исключаются. Наличие системы мониторинга также способно существенно сократить расходы на страхование инженерного объекта.

#### Гибкость комплектования

Важным преимуществом автоматизированных систем деформационного мониторинга является масштабируемость и гибкость в выборе оборудования. При необходимости возможно добавлять, исключать или изменять определенные элементы без остановки общего процесса наблюдения за объектом. Любой проект может быть расширен или объединен с текущими инженерными системами.

**Едильбаева Л.И., Музгина В.С., Мустапаев А.К.**  
(ТОО ВИСТ Азия, Алматы, Казахстан)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ**

*Аннотация. В статье проанализированы результаты тестовых испытаний радарных систем, предназначенных для мониторинга и контроля движений уступов и бортов карьеров и контроля состояния горного массива в кровле и бортах подземных горных выработок. Эти системы обеспечивают получение и обработку информации по результатам сканирования в режиме реального времени 24/7. Полученные данные позволяют выявить участки с опасными деформациями бортов и откосов карьеров и оценить состояние кровли подземных горных выработок и качество их крепления для предупреждения внезапных обрушений и повышения безопасности горных работ.*

*Ключевые слова: радарные системы, мониторинг, сканирование, сдвигение, деформации, безопасность горных работ*

Добыча минерального сырья относится к производствам с повышенной опасностью, поскольку мы имеем дело с природным массивом, поведение которого при ведении горных работ можно прогнозировать только с определенной степенью вероятности. Соответственно повышению безопасности работы в шахтах и на карьерах уделяется большое внимание. В последние годы все большее число горных предприятий начинает внедрять цифровые технологии для создания «умного рудника» и «умной обогатительной фабрики» в рамках выполнения Государственной программы «Цифровой Казахстан» [1].

В отличие от автоматизации производственных процессов при цифровизации горного производства осуществляется объединение всех составляющих производства в единую систему и выстраивание как вертикальных (по всем уровням IT систем от АСУ ТП до ERP), так и горизонтальных (по всем производственным процессам: от добычи до переработки руды на обогатительной фабрике) для обеспечения доступа к производственной информации, которая используется в режиме реального времени для принятия управленческих решений: стратегических, тактических и оперативных [2]. Выбор корректных оперативных управленческих решений особенно важен при возникновении опасных ситуаций в технологических комплексах карьеров и шахт, таких как внезапные просадки, оползни и обрушения уступов и бортов карьеров и породных отвалов, кровли и бортов подземных горных выработок, поскольку они являются причинами травматизма и гибели горнорабочих, повреждения и разрушения горной техники, нарушения

производственного процесса добычи и, соответственно, экономических потерь.

Поскольку спецификой горного производства является непрерывное перемещение рабочих мест (вскрышных, добычных, проходческих забоев, погрузочных пунктов и транспортных коммуникаций) и, как следствие, постоянное изменение условий работы отдельных технологических звеньев предприятий, для обеспечения контроля нахождения горнорабочих на рабочих местах согласно полученным наряд-заданиям и предотвращения их появления в опасных зонах, применяются системы позиционирования и диспетчеризации, которые позволяют существенно снизить количество нарушений техники безопасности.

Важное значение для повышения безопасности горных работ имеет применение современных инструментов для прогнозирования состояния горного массива, что отмечено в новой редакции Правил обеспечения безопасности [3].

Многолетняя практика работы большинства горных предприятий показывает, что небольшие сдвигения или изменения бортов карьера, которые контролируются традиционными методами маркшейдерских наблюдений, почти всегда становятся видимыми практически за несколько часов до их обрушения. Для надежного обеспечения безопасных условий труда рабочего персонала и эксплуатации техники, карьеры необходимо оснащать комплексной системой мониторинга и контроля движений уступов и бортов. Одним из ключевых элементов такой системы служит *радарная система мониторинга*, обеспечивающая максимальную эффективность и достоверность обнаружения малейших деформаций бортов и откосов.

Радарные системы для мониторинга стабильности уклона бортов карьера разработаны компаниями:

- IBIS-Rover (Италия);
- SSR-радар (Австралия);
- MSR-радар (ЮАР).

ТОО ВИСТ Азия были проведены опытно-промышленные испытания радара MSR-300 компании Reutech Mining на Качарском карьере АО ССГПО [4] и на карьере в АО Алтынтау-Кокшетау.

По завершении полевых испытаний радара осуществлено сравнение полученных данных с данным, получаемыми маркшейдерской службой предприятия традиционными методами с применением для измерений тахеометров по реперным точкам. Результаты сравнения позволяют заключить следующее.

По сравнению с традиционными методами маркшейдерских замеров, применение радара позволяет формировать актуальную базу надежных данных, исходя из условий работ 24x7 независимо от погодных условий. Мониторинг уступов и бортов карьера осуществляется с высокой

точностью с высокой точностью (обнаружение сдвижения менее 1 мм) при высокой дальности измерения – до 4000 м.

Самым важным с позиций обеспечения безопасности является наличие у радара настраиваемой системы оповещения по SMS и e-mail, а также системы звуковой и визуальной сигнализации диспетчеру в случае выявления опасных сдвижений для организации комплексного обследования опасного участка и, при необходимости, вывода людей и техники из опасной зоны.

Надежный контроль состояния крепи подземных горных выработок и оценка состояния массива над ней позволяет оперативно выявлять зоны повышенной трещиноватости внутри породного массива в кровле подземных горных выработок для принятия решения о дополнительном укреплении опасных участков и управления рисками ее обрушения в условиях дефицита времени.

Компанией Reutech Mining [5] разработан радар SSP (подземный профилировщик) для контроля состояния горного массива в кровле и бортах выработок и оценки качества крепления горных выработок.

Тестовые испытания георадара SSP были проведены специалистами ТОО ВИСТ Азия и головной компании АО ВИСТ Групп в пяти шахтах горных предприятий Казахстана (рис. 1).



Рисунок 1 – Тестовое сканирование участков подземных горных выработок

Георадар SSP является прибором нового поколения, позволяющим идентифицировать породные структуры на глубину от 6 до 10 м (рис. 2).





Рисунок 2 – Георадар SSP

Этот прибор имеет эргономичный дизайн с патентованной подвесной системой, весит 4,5 кг, и во многом аналогичен валику для нанесения краски, что позволяет работать с ним одному человеку одной рукой. Прибор весьма энергоэффективен – в качестве питания используются маленькие перезаряжаемые батарейки, которые обеспечивают непрерывную работу прибора в течение 4 часов.

Перед сканированием необходимо провести колибровку георадара на основе геологических данных, имеющихся на горном предприятии.

При сканировании на планшете данные мониторинга представляются в виде картинки (рис. 3).

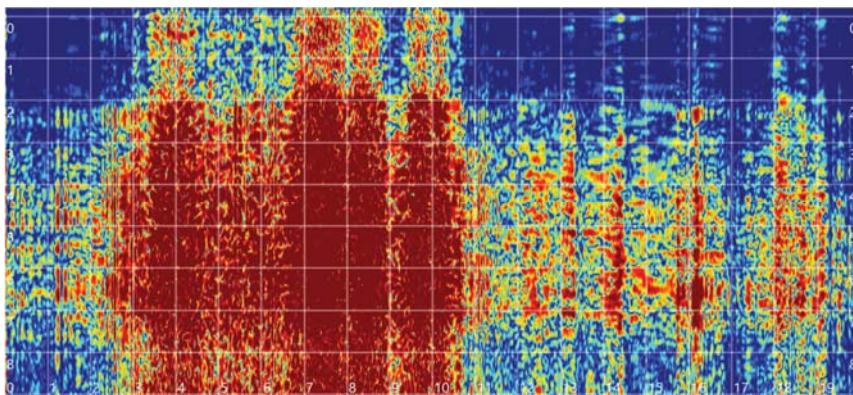


Рисунок 3 – Визуальные данные при сканировании

Необходимо иметь ввиду, что при чтении информации с планшета синие участки могут обозначать пустоты, а также участки с более рыхлыми порода, а красные участки, с точки зрения радиолокации, говорят о сильном отражении, что означает бóльшую плотность залегающих там пород.

Анализируя данные сканирования, можно выявить пустоты, трещины и другие неоднородностей в горном массиве. На одном из участков при сканировании были обнаружены пустоты в кровле над крепью (рис. 4).



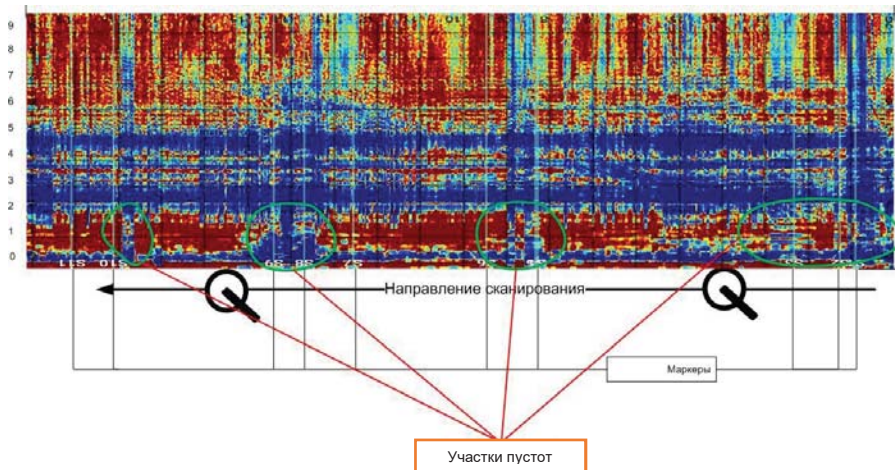


Рисунок 4 – Выявленные пустоты в кровле выработки

Многомерность и многовариантность задач горного производства, необходимость принимать проектные и управленческие решения в условиях многочисленных ограничений, рисков и неопределенностей явилось причиной широкого использования в последние десятилетия методов математического и компьютерного моделирования, информационных технологий в горном деле в качестве основного инструмента исследования физических процессов и управления производством. Разработка и внедрение роботизированных горнотранспортных комплексов, их интеграция с многофункциональной системой безопасности горных работ позволит достичь таких показателей эффективности, безопасности и рентабельности производства, которые обеспечат в будущем конкурентоспособность отечественных горных предприятий.

Согласно изменениям, внесенным 7 ноября 2018 года в Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы [3], объекты горных работ по разработке твердых полезных ископаемых оснащаются системой позиционирования и автоматизированной системой диспетчеризации, мониторинга и учета фронта работ карьерных экскаваторов, управления буровыми станками с использованием спутниковой навигации, радиоэлектронными средствами и высокочастотными устройствами. ТОО ВИСТ Азия имеет решения для применения цифровых технологий и готово оказать помощь горным предприятиям в решении проблем цифровизации.

## Литература

1. Государственная Программа «Цифровой Казахстан». Утверждена постановлением Правительства РК № 827 от 12 декабря 2017.
2. Едильбаева Л.И., Музгина В.С. Цифровые решения ВИСТ Групп/ВИСТ Азия для оптимизации бизнес-процессов горного предприятия // Горный журнал Казахстана. 2019. № 5. С. 10-13.
3. Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы № 352 от 30 декабря 2014 года (с изменениями и дополнениями от 07.11.2018 г.).
4. Испытания радарной системы MSR-300 на Качарском карьере АО «АО ССГПО»/ Бурибаев Г.Б., Кузьминов Е.А., Ростов С.А., Музгина В.С. // Горный журнал Казахстана. 2018. №3. С. 35-38.
5. SSP Sub-Surface Profiler. Электронная версия на сайте: [www.reutechmining.com](http://www.reutechmining.com)

## References

1. Gosudarstvennaja Programma «Cifrovoy Kazahstan». Utverzhdena postanovleniem Pravitel'stva RK № 827 ot 12 dekabrya 2017 (in Russ.).
2. Edil'baeva L.I., Muzgina V.S. Cifrovye reshenija VIST Grupp/VIST Azija dlja optimizacii biznes-processov gornogo predpriyatija // Gornyj zhurnal Kazahstana. 2019. № 5. S. 10-13 (in Russ.).
3. Pravila obespechenija promyshlennoj bezopasnosti dlja opasnyh proizvodstvennyh ob#ektov, vedushhih gornye i geologorazvedochnye raboty № 352 ot 30 dekabrya 2014 goda (s izmenenijami i dopolnenijami ot 07.11.2018 g.) (in Russ.).
4. Ispytanija radarnoj sistemy MSR-300 na Kacharskom kar'ere AO «AO SSGPO»/ Buribaev G.B., Kuz'minov E.A., Rostov S.A., Muzgina V.S. // Gornyj zhurnal Kazahstana. 2018. №3. S. 35-38 (in Russ.).
5. SSP Sub-Surface Profiler. Jelektronnaja versija na sajte: [www.reutechmining.com](http://www.reutechmining.com) (in Engl.)

**Резюме**

Еділбаева Л. И., Музгина В. С. Мұстапаев, А. Қ.  
(ЖШС ВИСТ Азия, Алматы, Қазақстан)

*Тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін арттыру үшін сандық технологияларды қолдану*

Мақалада жер асты тау-кен қазбаларының үсті мен бүйірлеріндегі тау-кен массивінің жағдайын бақылау және қарьерлердің кемері мен бүйірлерінің қозғалысын бақылау және мониторинг жүргізуге арналған радарлық жүйелердің тестілік сынақтарының нәтижелері талданды. Бұл жүйелер тәулік бойы нақты уақыт аралығында сканерлеу нәтижелері бойынша ақпаратты алуды және өңдеуді қамтамасыз етеді. Алынған мәліметтер кенеттен құлаудың алдын-алу және тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін жоғарылату үшін қауіпті деформациясы бар учаскелерді анықтауға және кен орындарының үстіңгі қалпын және оларды бекіту сапасын бағалауға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: радарлық жүйелер, бақылыу, сканерлеу, орын ауыстыру, деформация, қауіпсіздік

UDC 622.8:004.9

**Summary**

Edilbaeva L. I., Mushina V. S., A. K. Mustapayev  
(LLP VISTA Asia, Almaty, Kazakhstan)

*Application of digital technologies to improve the safety of mining operations*

In the article the test results of radar systems, designed to monitor and control the movement of quarry benches and walls and control the condition of the rock mass in roof and walls of underground mine workings were analyzed. These systems provide receiving and processing information on the results of scanning in real time 24/7. The received data make it possible to identify areas with dangerous deformations of the walls and slopes of quarries and to assess the condition of the roof of underground mine workings and the quality of their support to prevent sudden collapses and increase the safety of mining.

Key words: radar systems, monitoring, scanning, movement, deformations, safety of mining

**Айтмуханов С.Х., Жараспаев М.А., к.т.н. Магзумов А.Е.**  
(ТОО «Корпорация Казахмыс»)

## **ОПЫТ ОТРАБОТКИ И КРЕПЛЕНИЯ МАЛОМОЩНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НА ЖЕЗКАЗГАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

В настоящее время на Жезказганском месторождении вовлекаются в отработку маломощные пологопадающие залежи. На рудниках Жезказганского месторождения к маломощным залежам относят залежи или их участки мощностью до 5,0 м при минимальной эксплуатационной мощности 1,5 м и при бортовом содержании металла 0,4% по меди [1].

На данное время на шахте «Восточная Сары-Оба» отработаны запасы в панелях П-1, 2, 3 залежи 1-III, П-3 залежи 1-IV. Мощность рудных тел варьируется от 2,5м до 4,5м. Для бурения шпуров в очистных забоях применялась одностреловая буровая установка для низких сечений серий RDH DRILLMASTER 150 EH LP. Диаметр шпуров в очистных забоях  $\varnothing=51$  мм.

В ходе опытно-промышленных испытаний по креплению кровли в очистных забоях, из-за отсутствия статистических данных по отслоению кровли на маломощных участках, зону возможного обрушения по глубине определяли расчетным методом [2]:

$$L_a = 0,75 K_T \cdot B / f \quad (1)$$

*где:  $K_T$  – коэффициент трещиноватости пород кровли;*

*$f$  – крепость пород кровли; для расчета приняты наименее слабые породы (алевролит);*

*$B$  – ширина выработки, м.*

Экспериментально проведены в забоях очистных камер испытания и получены положительные результаты по креплению кровли сталеполлимерной анкерной крепью с длиной штанг 2,0 м (глубина крепления).

Сетка расположения анкерной крепи, в зависимости от горно-геологических условий, принималась 1,0х1,0 м (для кровли, сложенной из красноцветных пород), 1,5х1,5м (для кровли из серых песчаников). Применены анкера диаметром  $\varnothing=22$ мм с закреплением в шпуре быстротвердеющей смесью.

Для крепления кровли очистных камер на маломощных залежах применялся самоходный анкероустановщик Boltec SL, с автоматизированным обуриванием шпуров под анкерное крепление и установкой крепления.

По результатам испытаний разработано «Дополнение» к действующей «Инструкции по выбору типа и параметров крепи на рудниках ПО «Жезказганцветмет» в части крепления кровли очистных камер, горно-капитальных выработок, горно-подготовительных выработок на маломощных залежах.

#### Литература

1. Чабдарова Ю.И., Нугманов К.Х., Шамганова Л.С., Алипбергенев М.К., Волков А.П., Джапаев С.К. Геомеханическое обеспечение отработки маломощных залежей Жезказганского месторождения. Алматы: ИГД им. Д.А. Кунаева филиал РГП «НЦ КПМС РК», 2015. 170 с.
2. «Инструкций по выбору типа и параметров крепи на рудниках ПО «Жезказганцветмет». 2015 г. 28 стр.

#### References

1. Chabdarova YU.I., Nugmanov K.KH., Shamganova L.S., Alipbergenov M.K., Volkov A.P., Dzhapayev S.K. Geomekhanicheskoye obespecheniye otrabotki malomoshchnykh zalezhey Zhezkazganskogo mestorozhdeniya. Almaty: IGD im. D.A. Kunayeva filial RGP «NTS KPMS RK», 2015. 170 s.
2. «Instruktsiy po vyboru tipa i parametrov krepі na rudnikakh PO «Zhezkazgantsvetmet». 2015 g. 28 str.  
УДК 622.83:[528.2:629.78]

**Панжин А.А.**  
(ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия)

## **МЕТОДЫ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ**

*Аннотация. В работе рассмотрена роль и методы геомеханического обеспечения технологии разработки месторождений полезных ископаемых. Основным источником данных об исходном и техногенно измененном напряженно-деформированном состоянии массива горных пород являются натурные измерения параметров процесса сдвижения прибортового массива. Инструментальным путем возможно получение двух основных видов информации: параметров интегрального движения массива, вызванных природными и техногенными факторами, а также данных об иерархически блочной структуре горного массива и его изменениях во времени. Эти данные возможно получить как прямыми маркшейдерско-геодезическими методами, так и косвенными геофизическими. Среди прямых методов необходимо отметить дистанционные, при которых не происходит непосредственного контакта с исследуемым объектом.*

*Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, структура массива, поле деформаций, вектор сдвижения, дивергенция*

Одним из приоритетных направлений развития горнодобывающего комплекса является повышение эффективности и безопасности извлечения полезных ископаемых, компенсирующее постоянное ухудшение горногеологических условий их добычи из недр. Важная роль в решении этой проблемы принадлежит геомеханическому обеспечению технологии разработки месторождений полезных ископаемых, поскольку от обоснованного выбора оптимальных параметров систем разработки и стратегии ведения очистных работ зависят и эффективность горного производства, и безопасность занятого на добыче персонала, а нередко и окружающего населения [1].

При этом основным, а зачастую единственным источником данных об исходном и техногенно измененном напряженно-деформированном состоянии массива горных пород являются натурные измерения параметров процесса сдвижения [2]. В данном случае под сдвижением горных пород - явлением, сопровождающее добычу полезного ископаемого, понимается весь комплекс деформационных процессов, протекающих в массиве горных пород, при формировании исходного напряженно-деформированного состояния за пределами области влияния горных разработок и его трансформации внутри нее.

Основными факторами, определяющими формирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород, являются:

- иерархически блочное строение;
- постоянная подвижность;
- вторичное структурирование;
- концентрация современных геодинамических движений на границах вторичных структурных блоков.

При разработке месторождений полезных ископаемых также необходимо учитывать влияние нарушения геодинамического равновесия, вызванное совместным воздействием факторов от открытого и подземного способа разработки [3]. Под воздействием вышеуказанных факторов в массиве горных пород формируется мозаичное, относительно однородное по своим усредненным параметрам, напряженно-деформированное состояние.

Таким образом, для горнодобывающих предприятий актуальной проблемой геомеханического обеспечения эффективного и безопасного освоения месторождений твердых полезных ископаемых является выявление параметров и закономерностей формирования исходного напряженно-деформированного состояния массива горных пород, как это было реализовано при геодинамическом мониторинге современными геодезическими методами на карьерах Качканарского ГОКа, особенно при визуализации деформационных полей геоинформационными методами [4, 5], а также в виде дивергенции – дифференциальной характеристики векторного поля деформаций.

Для решения задачи обеспечения безопасности открытой, подземной и комбинированной геотехнологии необходимо:

- оценить экспериментально уровень современных геодинамических движений и параметры формируемого ими напряженно-деформированного состояния, изменяющегося во времени;

- исследовать степень неоднородности напряженно-деформированного состояния, обусловленную вторичным структурированием массива горных пород под влиянием современных геодинамических движений и формирования вторичного поля напряжений в области влияния горных работ.

Таким образом, необходимо получение инструментальным путем двух основных видов информации: параметров интегрального движения массива, вызванных природными и техногенными факторами, а также данных об иерархически блочной структуре горного массива и его изменениях во времени [6].

Данные о параметрах движения горного массива возможно получить только прямыми маркшейдерско-геодезическими методами с использованием комплексов спутниковой (ГНСС), традиционной (тахеометры и нивелиры) геодезии и комплексов трехмерного лазерного сканирования. При этом в основу методики заложены многократные мониторинговые измерения сдвижений: либо специально оборудованных реперов, включающих пункты ГГС (Государственной геодезической сети),

ОМС (Опорной маркшейдерской сети) и наблюдательных станций, в том числе специальных, либо облака точек непосредственно поверхностей горного массива и охраняемых объектов.

Сопоставление исходных и переопределенных в результате мониторинга пространственных координат реперов и трехмерных поверхностей позволяет математически построить как векторы интегральных сдвижений (рис 1), так поле главных деформаций в горизонтальной и вертикальной плоскостях. При этом охват измерениями маркшейдерско-геодезическими измерениями изменяется от десятков и сотен километров, до первых метров [7].

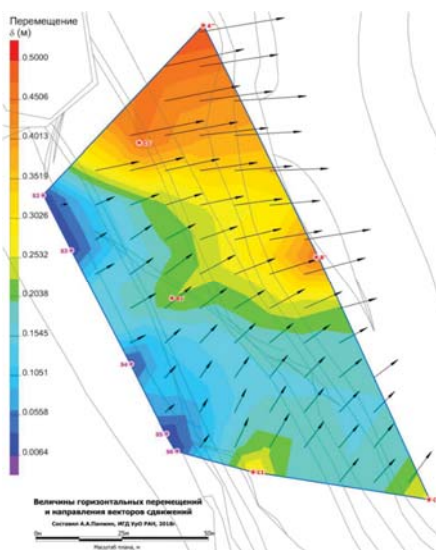


Рисунок 1 – Величины горизонтальных перемещений и их направления на оползневом участке Качарского карьера

Далее, путем группировки данных о процессе сдвижения выделяются основные кластеры деформируемых структурных блоков и определяются границы между ними. Также, по результатам геомеханического моделирования, производится сопоставление теоретической и фактической моделей деформирования массива, нарушенного техногенной выемкой и определяются параметры не только вторичного, но и исходного поля напряжений. Сопоставление моделей, в которых массив представлен упругой однородной средой с моделями МКЭ (метода конечных элементов) и фактическими данными, полученными прямыми деформационными измерениями, показало их адекватность для решения ряда геомеханических задач.



Поскольку при проведении маркшейдерско-геодезических измерений на определяются вектора пространственных сдвижений, одной из важных задач является определение «условно неподвижных» пунктов, по которым центрируются и ориентируются в пространстве геометрические построения. В горном массиве, постоянная подвижность которого является одной из форм существования геологической среды, такие исходные пункты выделить невозможно [8].

Для решения задачи центрирования и ориентирования геодезических сетей применяется их привязка к сетям постоянно действующих станций IGS (International GNSS service) или CORS (Continuously operating reference station), что позволяет при многократных сериях мониторинговых измерений выявить трендовые движения реперов в общеземной системе глобальных координат ITRF (International terrestrial reference Frame) и выделить опорные пункты, которые можно принять за «условно неподвижные» [9-10].

Другим путем решения указанной задачи, позволяющим произвести центрирование и ориентирование геодезической сети в условиях отсутствия многократных серий мониторинговых измерений, является формирование «равновесной системы» с соблюдением принципа МНК (метода наименьших квадратов) для векторов сдвижений. При этом в формировании «равновесной системы» принимаются пункты ГГС, расположенные на удалении от крупных геологических структур и, по результатам моделирования техногенного воздействия, вне областей значительного нарушения изостатического равновесия.

Данные об иерархически блочной структуре горного массива и его изменениях во времени возможно получить как прямыми маркшейдерско-геодезическими методами, так и косвенными геофизическими. Среди прямых методов необходимо отметить дистанционные, при использовании которых не происходит непосредственного контакта с исследуемым объектом. Наиболее хорошо для решения указанной задачи себя зарекомендовали методы лазерного сканирования, локальных наземной и воздушной аэрофотосъемки.

В результате данных видов съемки формируется трехмерное облако точек заранее заданной плотности, каждая точка которого имеет определенные с высокой точностью пространственные координаты, цветовые и отражающие характеристики. При однократном получении трехмерной модели исследуемого объекта, который может быть представлен геологическим обнажением, карьером или его локальным участком, отвалом, зоной обрушения, охраняемым объектом и проч., выявляются графически или с помощью математических фильтров выделения граней и нарушения сплошности, элементы залегания и размеры иерархических блоков, слагающих массив.

При исследовании дистанционными методами состояния охраняемых объектов полученная фактическая трехмерная модель

здания или сооружения сопоставляется с его исходными геометрическим параметрами, при этом проверяются размеры конструктивных элементов, их выдержанность в вертикальной и горизонтальной плоскостях и проч. Это позволяет определить значения коэффициентов трещиноватости и структурного ослабления породного массива, которые используются в качестве основных исходных данных при оценке устойчивости бортов и уступов карьеров аналитическими методами.

В случае организации исследований дистанционными методами, по результатам сопоставления трехмерных моделей выявляется динамика трансформации геологической и техногенной среды во времени (рис. 2), в том числе скорости и пространственные направления смещений иерархических блоков, раскрытие или смыкание трещин, закономерности формирования оползневых участков и проч.

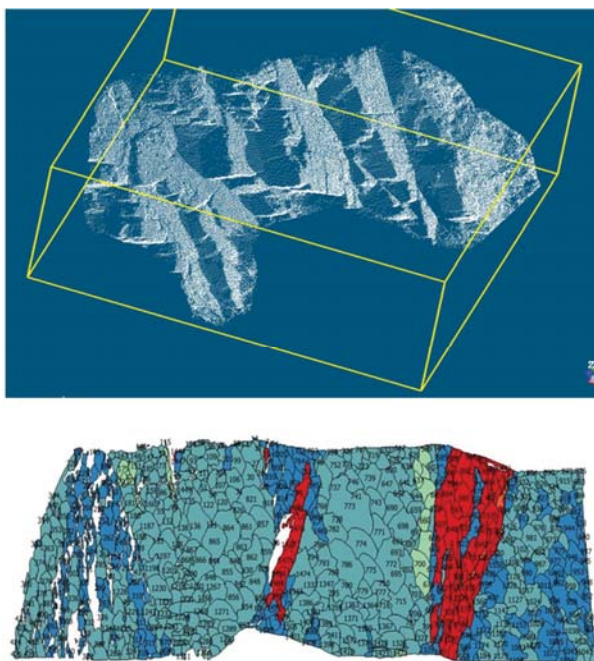


Рисунок 2 – Результаты исследования на локальных участках структуры породного массива методами трехмерного лазерного сканирования

Таким образом, комплексные исследования условий отработки месторождений, выполненные с использованием геодезических и геоинформационных методов, позволяют повысить безопасность

ведения горных работ приоткрытой и комбинированной геотехнологиях и сделать следующие основные выводы:

1. В структурном строении массива горных пород всегда имеет место значительная неоднородность, определяющее мозаичное формирование напряженно-деформированного состояния. В бортах карьера, как правило, присутствуют зоны с повышенной трещиноватостью пород, в подавляющем большинстве согласующиеся с тектоническими нарушениями.

2. Комплексное рассмотрение структурных особенностей массива горных пород и закономерностей распределения параметров вторичного напряженно-деформированного состояния позволяет провести теоретические расчеты устойчивости проектных параметров бортов карьера и выполнить их пространственное геоинформационное моделирование.

3. Для обеспечения устойчивости бортов карьеров и реализации имеющегося, как правило, резерва по устойчивости необходимо проведение действенного регулярного контроля за деформационными процессами современными методами инструментального контроля и геоинформационного моделирования.

4. Для обеспечения безопасности горных работ предполагается задействовать три уровня контроля за развитием деформационных процессов в прибортовом массиве и откосных сооружениях карьеров:

- Дискретные наблюдения за трендовыми смещениями реперов существующей наблюдательной станции, представленной, как правило, реперами ГГС и ОМС.

- Объемные наблюдения за деформированием откосных сооружений методом лазерного сканирования.

- Мониторинг изменений параметров среды прибортового массива геофизическими методами.

- Геоинформационное моделирование геомеханической обстановки.

Приведенные выше комплексные методы исследования напряженно-деформированного состояния массива и его геоинформационного моделирования были апробированы и успешно внедрены на ряде горнодобывающих предприятий Урала и Казахстана: железорудных карьерах ССГПО, асбестовых карьерах Урала и Казахстана (Киембаевском и Джитигаринском).

## Литература

1. Панжин А. Опыт решения задач геомеханики на горных предприятиях / Панжин А., Сашурин А. // Инженерная защита. - 2016. - № S2 (13). С. 88-99.
2. Панжин А.А. Устойчивость бортов карьеров в условиях формирования напряженно-деформированного состояния под воздействием современных геодинамических движений / Панжин А.А., Сашурин А.Д., Панжина Н.А. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2017. - № S24. С. 59-67.
3. Сашурин А.Д. Особенности формирования напряженно-деформированного состояния породного массива при комбинированной разработке месторождений / Сашурин А.Д., Панжин А.А., Коновалова Ю.П., Панжина Н.А. // Горный журнал. - 2018. - № 5. С. 43-49.
4. Панжин А.А. Методика и результаты геодинамического мониторинга на карьерах Качканарского ГОКа / Панжин А.А., Панжина Н.А. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2015. - № S30. С. 338-348.
5. Панжин А.А. Визуализация характеристик деформационных полей по данным геодинамических наблюдений / Панжин А.А., Мазуров Б.Т., Силаева А.А. // Проблемы недропользования. - 2015. - № 3 (6). С. 13-18.
6. Панжин А.А. Геодезическое обеспечение геодинамического мониторинга объектов недропользования / Панжин А.А., Сашурин А.Д., Панжина Н.А., Мазуров Б.Т. // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). - 2016. - № 4 (36). С. 26-39.
7. Ефремов Е.Ю. Исследование геомеханических условий разработки Киембаевского месторождения открытым способом / Ефремов Е.Ю., Панжин А.А., Харисов Т.Ф., Харисова О.Д. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. - 2018. - № 4. С. 35-45.
8. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика опасных разломов // Физика Земли. 2016. № 5. С. 87–101.
9. Панжин А.А. Исследование геодинамических движений CORS для обоснования методики контроля процесса сдвижения на месторождениях Уральского региона // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. № 1 (49). С. 22-26.
10. Gao Jing-Xiang, Hu Hong Advanced GNSS technology of mining deformation monitoring // Procedia Earth and Planetary Science. 2009. Vol. 1. Iss. 1. P. 1081-1088.

## References

1. Panzhin A. Experience in solving problems of geomechanics in mining enterprises / Panzhin A., Sashurin A. // Engineering protection. - 2016. - № S2 (13). Pp. 88-99.
2. Panzhin A.A. Stability of pit walls under conditions of formation of a stress-strain state under the influence of modern geodynamic movements / Panzhin AA, Sashurin AD, Panzhina N.A. // Mining information and analytical bulletin. - 2017. - № S24. Pp. 59-67.
3. Sashurin A.D. Features of the formation of the stress-strain state of the rock mass in the combined development of fields / Sashurin AD, Panzhin AA, Konovalova Yu.P., Panzhina N.A. // Mining Journal. - 2018. - № 5. S. 43-49.
4. Panzhin A.A. Methods and results of geodynamic monitoring in the quarries of the Kachkanarsky GOK / Panzhin A.A., Panzhina N.A. // Mining information and analytical bulletin. - 2015. - № S30. Pp. 338-348.
5. Panzhin A.A. Visualization of the characteristics of deformation fields according to geodetic observations / Panzhin A.A., Mazurov B.T., Silayeva A.A. // Problems of subsoil use. - 2015. - № 3 (6). P. 13-18.

6. Panzhin A.A. Geodetic support of geodynamic monitoring of subsoil use objects / Panzhin A.A., Sashurin A.D., Panzhina N.A., Mazurov B.T. // Bulletin of SSUGT (Siberian State University of Geosystems and Technologies). - 2016. - № 4 (36). Pp. 26-39.
7. Efremov E.Yu. Investigation of the geomechanical conditions for the development of the Kiembaevskoye field by the open method / Yefremov E.Yu., Panzhin AA, Kharisov T.F., Kharisova OD. // Proceedings of higher educational institutions. Mountain Journal. - 2018. - № 4. S. 35-45.
8. Kuzmin Yu. O. Modern geodynamics of dangerous faults // Physics of the Earth. 2016. No. 5. P. 87–101.
9. Panzhin A.A. Study of the geodynamic movements of CORS to substantiate the method of controlling the displacement process in the fields of the Ural region // Bulletin of Magnitogorsk State Technical University. G.I. Nosov. 2015. № 1 (49). Pp. 22-26.
10. Gao Jing-Xiang, Hu Hong Advanced GNSS technology of mining deformation monitoring // Procedia Earth and Planetary Science. 2009. Vol. 1. Iss. 1. P. 1081-1088.

UDC 622.83:[528.2:629.78]

### **Summary**

*Panzhin, A. A.*

*Methods of geomechanical monitoring of the stability of the boards and bench*

*Abstract. The paper discusses the important role of geomechanical support technology for the development of mineral deposits. The main source of data on the initial and technogenically altered stress-strain state of the rock massif is field measurements of the parameters of the process of displacement of the near-side massif. Instrumentally, it is possible to obtain two basic types of information: parameters of the integral movement of the massif, caused by natural and man-made factors, as well as data on the hierarchically block structure of the mountain massif and its changes over time. These data can be obtained using direct surveying and geodetic methods, as well as indirect geophysical methods. Among the direct methods, it is necessary to point out remote methods, at which direct contact with the object under study does not occur.*

*Key words: stress-strain state, rock massif structure, strain field, displacement vector, divergence.*

**Фремд А.Г.<sup>1</sup>, Бибосинов А.Ж.<sup>2</sup>, Искаков Б.А.<sup>1</sup>, Чепашев Д.В.<sup>1</sup>**  
(<sup>1</sup>ДТОО «Институт ионосферы», г. Алматы, <sup>2</sup>ДТОО  
«Астрофизический институт им. В.Г.Фесенкова», г. Алматы)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Аннотация. Современные представления о формировании месторождений углеводородов базируются на результатах экспериментальных и теоретических исследований динамики литосферы [7]. В их основе лежат установленные факты «нестабильности» флюидных систем в осадочном чехле и фундаменте, а также миграции флюидов по проницаемым зонам, возникающим в результате меняющихся напряжений в земной коре [1]. На примере 3D сейсмических данных, полученных на месторождение углеводородов Ботахан, показана возможность комплексирования геомеханического моделирования и дополнительного экспресс-анализа сейсмических данных при решении задач, связанных с определением вероятных мест скоплений и направлений естественной миграции углеводородов.*

*Ключевые слова: остаточное давление, зоны разуплотнения, флюидоупоры.*

**Введение.** Наличие областей аккумуляции углеводородов в осадочной толще генетически связано как с условиями седиментации, так и с вторичными изменениями свойств геологической среды, обусловленными наряду с иными и геодинамическими процессами. При этом именно напряженно-деформированное состояние является той ключевой характеристикой среды, анализ которой позволяет прогнозировать влияние геодинамических факторов, обуславливающих деформационные процессы в осадочной толще, на формирование зон разуплотнения и повышенной трещиноватости, областей увеличения фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов, направление естественной миграции углеводородов [8].

**Методика исследований.** Геологическая среда подвержена воздействию механических силовых полей различной природы и, как следствие, находится в некотором напряженно-деформированном состоянии. В общем случае в любой точке геологической среды действует ряд независимых силовых полей, в первую очередь – литостатическое и тектонические поля. Имеет место широкий спектр причин, обуславливающих возникновение тектонических напряжений. В условиях осадочной толщи одна из основных причин – процессы деформирования слоев осадочных пород в ходе их тектонической эволюции.

На сегодняшний день сейсморазведка является единственным геофизическим методом, позволяющим, с одной стороны, выполнять детальные структурные построения исследуемой толщи, в которой находят отражение суммарной деформации, что испытывала

геологическая среда в ходе своей эволюции от накопления толщ осадков до проявления современной неотектоники, а с другой – на основе анализа скоростей распространения упругих волн и плотности дать весьма точную информацию об упругих свойствах среды. Такие сведения, в свою очередь, позволяют построить геомеханическую модель, представляющую собой структурную модель с заданными упругими свойствами. В последние годы исследователи неоднократно в своих работах отмечали возможность изучения напряженно-деформированного состояния на основе структурно-скоростных моделей среды по данным сейсморазведки при решении задач нефтегазовой геологии [8-14].

В разработке моделей можно выделить следующие этапы:

**Этап 1.** Создание пространственных моделей распределения зон разуплотнения.

Построение таких моделей может быть использовано на поисковом этапе, так как они позволяют выявить в разрезе изучаемой структуры области разуплотнений, с которыми может быть связано реальное пространственное положение и морфология возможных коллекторов, а также тех элементов глубинного строения, которые могут служить подводящими каналами, каналами миграции или зонами возможного скопления углеводородов.

Для решения поставленной задачи были использованы данные о распределении значений времени пробега продольных сейсмических волн до соответствующих отражающих границ. Пространственное представление распределения значений времён пробега, как носителя информации о неоднородностях геологической среды, позволяет выявить и установить положение зон разуплотнений, которые проявляются в виде областей относительно повышенных значений времени пробега, распределённых в исследуемом объёме земной коры.

**Этап 2.** Построение пространственной модели геологического разреза в параметрах напряженно-деформированного состояния.

Механико-математическое моделирование геологической среды предполагает расчёт комплекса параметров напряженно-деформированного состояния с пространственной привязкой вычисленных значений. Распределение последних в геологическом пространстве может быть использовано при решении широкого спектра прикладных задач. В том числе при выполнении геодинамического районирования территорий и определении областей концентрации потенциальной энергии, выявлении зон повышенной проницаемости и оценки направлений возможного движения флюидов и др.

Для расчета параметров напряженно-деформированного состояния используются известные соотношения теории упругости и пластичности при выполнении условия сплошности среды, которое выражается в



непрерывности напряжений и перемещений, как функций координат точки.

### **Этап 3.** Разработка комплексных параметрических моделей.

Построение комплексных моделей преследует цель выполнения анализа соответствия распределения разуплотнений с распределениями параметров напряженно-деформированного состояния в исследуемом блоке земной коры. В частности, выявление областей пониженного давления является одним из основных условий движения флюидов в геологической среде. Поэтому представляется важным установить их пространственное положение и увязать с распределением зон разуплотнений, которые по определению могут являться коллекторами, а также служить каналами их миграции.

Применяемая методология ранее была опробована на данных региональных сейсмических наблюдений и показала хорошую сходимость установленных зон разуплотнения с известными месторождениями углеводородов Прикаспийского региона. Основные положения предлагаемой методики статистического анализа приведены в работах [2, 3, 4].

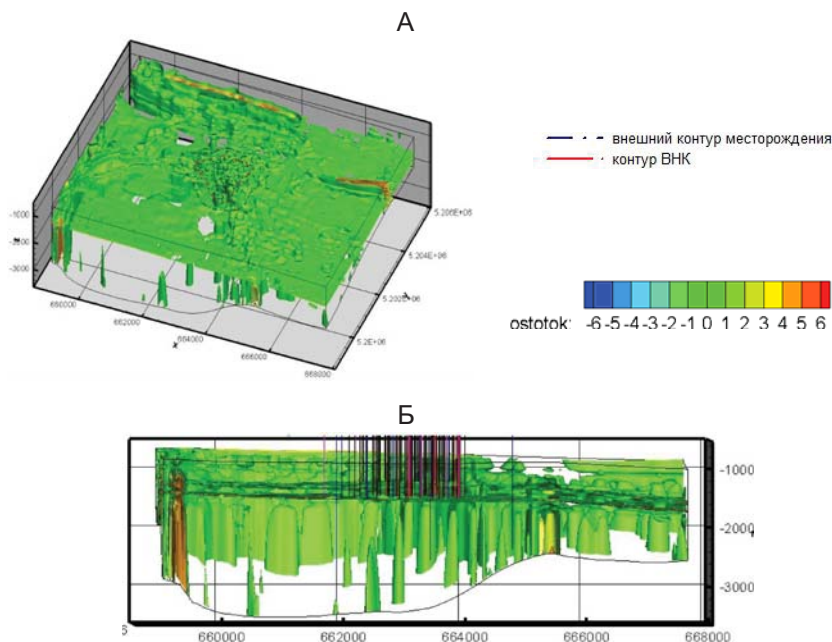
### ***Особенности пространственного распределения плотностных неоднородностей месторождения углеводородов Ботахан.***

Анализ результатов полученного распределения времён пробега выполнен с учётом известных материалов [5] о положении в разрезе продуктивных пластов и тектонических нарушений.

Представленная на рисунке 1(А) модель свидетельствует, что структура Ботахан представляет собой сложнопостроенный геологический объект. В его разрезе присутствуют относительно разуплотнённые слои, локализующиеся на тех же глубинах, что и продуктивные горизонты, выделенные по данным сейсморазведки МОГТ. Эти слои латерально выдержанны по глубине и представляют собой рваную поверхность со сложным рельефом. Очевидно, что зоны разломов относительно более проницаемы, чем продуктивные горизонты.

Из результатов, проиллюстрированных на рисунке 1(Б) следует, что все установленные области разуплотнений взаимосвязаны и образуют единую флюидодинамическую систему месторождения Ботахан. Повидимому, запасы месторождения не статичны. И, возможно, их пополнение происходит по субвертикальным подводящим каналам, в качестве которых могут выступать как разломы так и зоны повышенной проницаемости.





А - Разрез земной коры участка месторождения Ботахан с выделенными продуктивными горизонтами, Б – подводящими каналами и положением скважин

Рисунок 1 – Пространственная модель распределения зон разуплотнения в разрезе земной коры для территории, включающей месторождение Ботахан с положением скважин и контура залежи

### ***Особенности возможной направленности флюидных потоков в геологическом полупространстве.***

Возможность поступления флюидов в «коллектор» может быть проиллюстрирована распределением значений аномального литостатического давления, представленных в виде фронтальной и боковых проекций (рисунок 2). Значения напряжений, вынесенных на рисунки, представлены в нормированном виде, где красное относительно высокое давление, а синее относительно низкое давление.

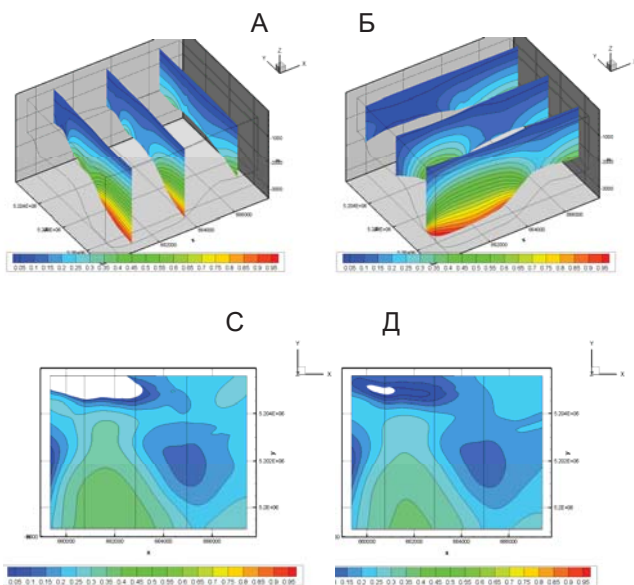


Рисунок 2 – Пространственные проекции вертикальных (А, Б) и горизонтальных (С, Д) сечений распределения значений остаточного давления в разрезе структуры месторождения Ботакан

Фронтальное распределение пониженного давления (рисунок 2 - А, Б) свидетельствует, что в исследуемом полупространстве существует по меньшей мере два канала пониженного давления, разделённых обширной областью относительно повышенного давления. Выявленные каналы пространственно совпадают с местоположением месторождения Ботакан и местоположением разлома в северной части. При наличии условий аккумуляции углеводородов, обусловленных исключительно геологическим строением участка, это даёт обоснованное и объективное представление о возможных путях поступлении флюидов в естественные тектонические ловушки, которыми, например, могут служить элементы соляной тектоники.

Обращает на себя внимание морфология выявленных областей пониженного давления (рисунок 2 - С, Д). Если в основании разрез дифференцирован по латерали с чётко выраженными элементами вертикальной зональности по значениям распределения давления, то по мере подъёма к дневной поверхности эта закономерность вырождается с формированием обширных латеральных областей – потенциальных зон повышенной проницаемости. Таким образом, последние можно интерпретировать, как каналы возможной латеральной миграции флюидов различной степени интенсивности.

Представленные результаты моделирования состояния геологической среды месторождения Ботакан находятся в известном соответствии друг с другом. То есть не только не противоречат, но в значительной степени дополняют друг друга.

В качестве общего вывода можно сказать, что представление данных сейсмических исследований в параметрах разуплотнения, усиленных параметрами НДС позволяет получить «офизиченный» разрез и тем самым повысить эффективность геофизических исследований как на стадии поиска, так и на этапе эксплуатации месторождений углеводородов.

Результаты, полученные в условиях месторождения Ботакан, дают основания утверждать, что использование информации о напряженно-деформированном состоянии как дополнительного критерия позволяет повысить достоверность и геологическую содержательность в решении широкого круга задач нефтегазовой геологии. На наш взгляд, геомеханическое моделирование является обязательным этапом работ для максимально полной характеристики исследуемых нефтегазоносных объектов. Наряду с решением традиционных задач нефтегазовой геологии предлагаемый подход, по мнению авторов, может оказать существенную помощь при разведке сланцевого газа и метана угольных месторождений, изучении естественных хранилищ  $\text{CO}_2$  и т.п.

**Основные выводы** сводятся к следующему.

1. Предлагаемая методика анализа данных сейсмических исследований позволяет получить наглядное пространственное представление о свойствах геологической среды. В частности, положения коллекторов, подводящих каналов миграции углеводородов, выявления новых зон повышенной проницаемости. Данные распределения параметров напряженно-деформированного состояния также отражают физическое состояние рассматриваемого объема геологической среды и могут быть использованы для выявления и локализации возможных тектонических нарушений или ослабленных зон.

2. Наглядное представление о морфологии продуктивных горизонтов даёт основание к проектированию заложения скважин и позволяет делать выводы относительно возможного местонахождения новых залежей.

3. Предложенная методология может быть использована как один из этапов поиска и разведки залежей углеводородов на прогнозируемых площадях с целью выявления продуктивных горизонтов в разрезе земной коры.

## Литература

1. Багдасарова М. В. Современная геодинамика и флюидные системы осадочных бассейнов Материалы Международной конференции «Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов», Казань, 2007 г. 13-16 ноября, т.1, стр15-17)
2. Жантаев Ж.Ш, Бибосынов А.Ж., Дауренбек К.А., Исаков Б.А., Иванчукова А.В., ФремдА.Г.«Использование распределения скоростных неоднородностей в разработке геодинамического обоснования системы региональных GPS наблюдений в Прикаспийском регионе», доклад на международной научной конференции – «Независимый Казахстан: 20 лет развития космических исследований», Алматы 2011 г.
3. Жантаев Ж.Ш., Фремд А.Г., Бибосынов А.Ж, Иванчукова А.В., Исаков Б.А. «Распределение зон разуплотнения в верхней части разреза земной коры как критерий выявления нефтеперспективных территорий Прикаспийского региона» Сб. «Геологическая наука независимого Казахстана. Достижения и перспективы. Алматы 2011, с. 291-300.
4. Жантаев Ж.Ш., Фремд А.Г., Бибосынов А.Ж. Инновационный патент РК на изобретение: «Способ прогнозирования месторождений углеводородов», (11) 26632. (21) 2012/0073.1 на заявку от 16.01.2012
5. Кондратович Ю.В., Лаврик А.С. Отчёт «Обработка и интегрированная интерпретация материалов МОГТ-2Д, 3Д, ГИС и ВСП по месторождению Ботахан». Москва, 2004
6. Кондратович Ю.В., Алёшина А.В. и др. «Обработка и интегрированная интерпретация материалов МОГТ-2Д, 3Д, ГИС и ВСП по месторождению Ботахан». Отчет ОАО "Центральная Геофизическая Экспедиция», Москва 2004
7. Шеин В.С., Геодинамический анализ нефтегазоносных территорий и акваторий в связи с поисками месторождений нефти и газа. Геология нефти и газа, 2-2007
8. Довбнич М. М., Солдатенко В.П., Мендрий Я.В. Моделирование деформационных процессов в осадочной толще при решении задач нефтегазовой геологии// Современные методы сейсморазведки при поисках месторождений нефти и газа в условиях сложнопостроенных структур «Сейсмо-2012». – 2012.
9. Сибиряков Б.П., Заикин А.Д. Многоволновая и прикладная геодинамика в нефтегазоносных областях // Геология и геофизика. – 1994. – № 5. – С. 49–55.
10. Клещев К. А., Петров А. И., Шеин В.С. Геодинамика и новые типы природных резервуаров нефти и газа. – М.: Недра, 1995. – 285 с.
11. Каледин В.О., Ластовецкий В.П. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния горных пород применительно к нефтегазопроисловым задачам // Геофизика. –1999. – № 3. – С. 63–68.
12. Henk A. Pre-drilling prediction of the tectonic stress field with geomechanical models // First Break. – 2005. – V.23. – P.53–57.
13. Козлов Е.А. Модели среды в разведочной сейсмологии. – Тверь: ГЕРС, 2006. – 480 с.
14. Довбнич М.М., Солдатенко В.П., Бобылев А.А. Оценка напряженно-деформированного состояния на основе структурно-скоростных моделей – новые возможности в решении задач нефтегазовой геологии // Технологии сейсморазведки. – 2009. – № 2. – С. 12-18.

## References

1. Bagdasarova M. V. Sovremennaja geodinamika i fljuidnye sistemy osadochnyh bassejnov Materialy Mezhdunarodnoj konferencii «Izmenjajushhajasja geologicheskaja sreda: prostranstvenno-vremennye vzaimodejstviya jendogennyh i jekzogenykh processov», Kazan', 2007 g. 13-16 nojabrja, t.1, str15-17)
2. Zhantaev Zh.Sh., Bibosynov A.Zh., Daurenbek K.A., Iskakov B.A., Ivanchukova A.V., Fremd A.G. «Ispolzovanie raspredelenija skorostnyh neodnorodnostej v razrabotke geodinamicheskogo obosnovanija sistemy regional'nyh GPS nabljudenij v Prikaspijskom regione», doklad na mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii – «Nezavisimyj Kazahstan: 20 let razvitiya kosmicheskikh issledovanij», Almaty 2011 g.
3. Zhantaev Zh.Sh., Fremd A.G., Bibosinov A.Zh., Ivanchukova A.V., Iskakov B.A. «Raspredelenie zon razuplotnenija v verhnej chasti razreza zemnoj kory kak kriterij vyjavlenija nefteperspektivnyh territorij Prikaspijskogo regiona» Sb. «Geologicheskaja nauka nezavisimogo Kazahstana. Dostizhenija i perspektivy. Almaty 2011, s. 291-300.
4. Zhantaev Zh.Sh., Fremd A.G., Bibosinov A.Zh. Innovacionnyj patent RK na izobretenie: «Sposob prognozirovanija mestorozhdenij uglevodorodov», (11) 26632. (21) 2012/0073.1 na zajavku ot 16.01.2012
5. Kondratovich Ju.V., Lavrik A.S. Otchjot «Obrabotka i integrirovannaja interpretacija materialov MOGT-2D, 3D, GIS i VSP po mestorozhdeniju Botahan». Moskva, 2004
6. Kondratovich Ju.V., Aljoshina A.V. i dr. «Obrabotka i integrirovannaja interpretacija materialov MOGT-2D, 3D, GIS i VSP po mestorozhdeniju Botahan». Otchet OAO "Central'naja Geofizicheskaja Jekspedicija», Moskva 2004
7. Shein V.S., Geodinamicheskij analiz neftegazonosnyh territorij i akvatorij v svjazi s poiskami mestorozhdenij nefiti i gaza. Geologija nefiti i gaza, 2-2007
8. Dovbnich M. M., Soldatenko V.P., Mendrij Ja.V. Modelirovanie deformacionnyh processov v osadochnoj tolshhe pri reshenii zadach neftegazovoj geologii// Sovremennye metody sejsmorazvedki pri poiskah mestorozhdenij nefiti i gaza v uslovijah slozhnopostroennyh struktur «Sejsmo-2012». – 2012.
9. Sibirjakov B.P., Zaikin A.D. Mnogovolnovaja sejsmorazvedka i prikladnaja geodinamika v neftegozanosnyh oblastjah // Geologija i geofizika. – 1994. – № 5. – S. 49–55.
10. Kleshhev K. A., Petrov A. I., Shein V.S. Geodinamika i novye tipy prirodnyh rezervuarov nefiti i gaza. – M.: Nedra, 1995. – 285 s.
11. Kaledin V.O., Lastoveckij V.P. Matematicheskoe modelirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija gornyh porod primenitel'no k neftegazopoiskovym zadacham // Geofizika. –1999. – № 3. – S. 63–68.
12. Henk A. Pre-drilling prediction of the tectonic stress field with geomechanical models // First Break. – 2005. – V.23. – P.53–57.
13. Kozlov E.A. Modeli sredy v razvedochnoj sejsmologii. – Tver': GERS, 2006. – 480 s.
14. Dovbnich M.M., Soldatenko V.P., Bobylev A.A. Ocenka naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija na osnove strukturno-skorostnyh modelej – novye vozmozhnosti v reshenii zadach neftegazovoj geologii // Tehnologii sejsmorazvedki. – 2009. – № 2. – S. 12-18.

### **Резюме**

Фремд А.Г.<sup>1</sup>, Бибосинов А.Ж.<sup>2</sup>, Исаков Б.А.<sup>1</sup>, Чепашев Д.В.<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>ЕЖШС «Ионосфера институты», Алматы қ., <sup>2</sup>ЕЖШС «В.Г. Фесенков  
атындағы астрофизика институты», Алматы қ.)

*Математикалық моделдеуді пайдаланып көмірсутек кен орнының  
мұнайлылығын анықтау*

Аңдатпа. Көмірсутек кен орындарының қалыптасуы қазіргі таңда литосфера динамикасының эксперименталды және теориялық зерттеулер нәтижелеріне негізделеді [7]. Бұл нәтижелер шөгінді жыныстар мен Жер қыртысындағы сутектердің тұрақсыздығы мен Жер қыртысындағы кернеулердің әртүрлілігінен болатын сутектің жыралар арқылы қозғалысына негізделген [1]. Ботахан көмірсутек кен орнында алынған 3D сейсмикалық мәліметтерін пайдаланып, сутектің мүмкін болатын табиғи қозғалысы мен жиналатын орнын анықтауда геомеханикалық моделдеу мен сейсмикалық мәліметтерді талдау арқылы кешенді түрде қалай анықтауға болатыны көрсетілген.

Түйін сөздер: қалдық қысым, қысымы аз аймақ, сутек жабындысы.

UDC 550.34

### **Summary**

Fremd A. G.<sup>1</sup>, Bibosinov A. Zh.<sup>2</sup>, Isakov B. A.<sup>1</sup>, Chepashev D. V.<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>SLLP «Institute of Ionosphere», Almaty, <sup>2</sup>SLLP «Fesenkov Astrophysical Institute»,  
Almaty)

*Determination oil-hydrocarbon deposits with the application of mathematical  
modeling*

Abstract. Modern ideas about the formation of hydrocarbon deposits are based on the results of experimental and theoretical studies of the lithosphere dynamics [7]. They are based on the established facts of the "instability of fluid systems in the sedimentary cover and foundation, as well as the migration of fluids through the permeable zones resulting from the varying stresses in the earth's crust" [1]. The possibility of integrating geomechanical modeling and additional rapid analysis of seismic data in solving problems associated with the determination of probable places of clusters and directions of natural migration of hydrocarbons is shown by using the example of 3D seismic data obtained for the Botakhan hydrocarbon deposit.

Key words: residual pressure, decompression zone, oil traps.

**Ананин А.И.<sup>1</sup>, А.Ю. Тарасов А.Ю.<sup>2</sup>**

<sup>(1)</sup>Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», г. Усть-Каменогорск,

<sup>2</sup>Риддерский ГОК ТОО «Казцинк», г. Риддер)

## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕР НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ТИШИНСКОГО РУДНИКА**

*Аннотация. Графическим методом оценки устойчивости обнажений Мэтьюза-Потвина определены параметры очистных камер при отработке глубоких горизонтов Тишинского рудника подэтажно-камерной системой разработки с закладкой выработанного пространства.*

*Ключевые слова: геомеханика, система разработки, параметры камер.*

Проектом промышленной разработки запасов руды Тишинского месторождения для отработки глубоких (17÷22) горизонтов предусмотрено применение сплошной нисходящей подэтажно-камерной выемки руды с закладкой выработанного пространства с параметрами:

- длина блока – 80-100 м;
- ширина блока – 10-40 м (равна мощности рудного тела);
- высота блока – 60 м (равна высоте этажа);
- высота подэтажа – 20 м;
- ширина камеры – 10 м.

На начальном этапе отработки 17-19 горизонтов параметры очистных камер приняли аналогично верхним горизонтам и происходили обрушения, что потребовало их корректировки.

Оценка устойчивости обнажений выполнена по принятому международным обществом геомехаников графическому методу Мэтьюза-Потвина, [1,2,3] который сводится к расчетам:

- показателя устойчивости  $N$ ,
- гидравлического радиуса обнажения  $HR$ .

Показатель устойчивости  $N$  (модифицированный критерий Бартон)  $Q$ ) рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times A \times B \times C$$

В ней используются следующие показатели:

где  $RQD$  – нарушенности массива трещинами (процент массива с размерами порядка 10 см);

$J_n$  – количества систем трещин ( $J_n=2$  при одной системе трещин;  $J_n=4$  при двух системах;  $J_n=9$  при трех системах);

$J_r$  – шероховатости трещин ( $J_r=0,5$ ; 1,0; 1,5 для плоских трещин соответственно с поверхностью скольжения, гладкой поверхностью и шероховатой, для волнистых и прерывистых трещин показатель другой);

$J_a$  – сцепления поверхностей трещин, зависящий от заполнителя трещин ( $J_a = 0,75$  для крепкого заполнителя;  $J_a = 1,0$  без заполнителя;  $J_a = 2$  для слегка измененных (выветрелых) стенок трещин;  $J_a = 4$  для глинистого заполнителя);

и коэффициенты, учитывающие:

$A$  – соотношение прочности пород и максимальных напряжений, действующих на контуре камер (если прочность породы превышает максимальные действующие напряжения в 10 и более раз, то  $A = 1,0$ ; а если это соотношение меньше 2, то  $A = 0,1$ );

$B$  – ориентацию трещин (если угол между поверхностями обнажений и трещинами изменяется от 10 до 30 град, то  $B=0,2$ ; от 30 до 60 град, то  $B=0,2÷0,8$ ; от 60 до 90 град, то  $B=0,8÷1,0$ );

$C$  – угол падения (наклон) обнажения ( $C = 8 - 6 \cdot \cos \alpha$ , где  $\alpha$  - угол наклона обнажения).

Размеры обнажений характеризуются гидравлическим радиусом (эквивалентным полупролетом)  $HR$  обнажения, который определяется как отношение площади обнажения к его периметру:

$$HR = \frac{a \times b}{2a + 2b}$$

Оценка устойчивости обнажения производится по диаграмме, построенной по данным из практики. На рисунке 1 показана диаграмма устойчивости обнажений, построенная на базе данных из 176 практических случаев И. Потвина и 13 случаев С. Никсона (Nickson 1992) из практики разных рудников со всего мира [1,2,3]. На ней круглыми символами белого цвета обозначены устойчивые обнажения (Stable), серыми треугольными символами – неустойчивые (Unstable), а черными квадратами – обрушенные обнажения (Caved).



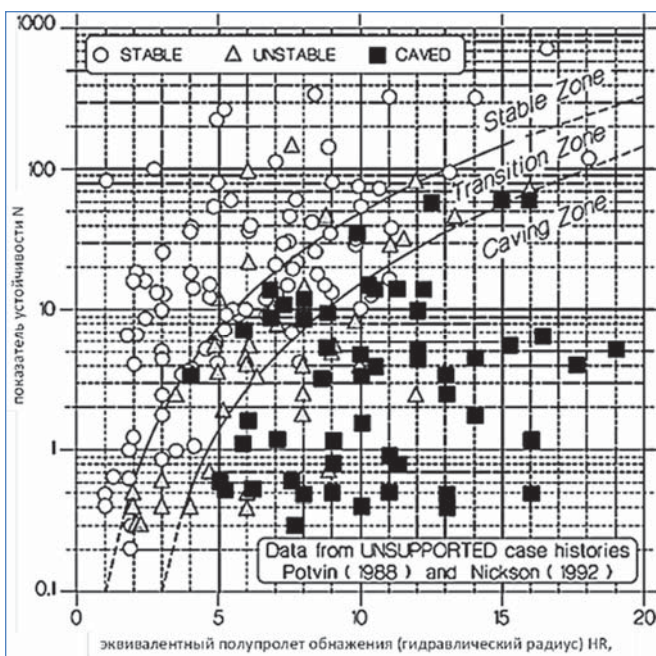


Рисунок 1 - Диаграмма устойчивости обнажений

Обследованием горного и искусственного массивов на 17-21 горизонтах Тишинского рудника и методами математического моделирования определены коэффициенты, входящие в расчетную формулу показателя устойчивости  $N$ .

Приняты следующие значения показателей трещиноватости массива:

$RQD = 50 \div 60 \%$  (в сплошных и вкрапленных рудах);

$J_n = 9 - 3$  системы трещин с параметрами:

|    | Угол<br>падения,<br>градусы | Азимут<br>падения,<br>градусы |
|----|-----------------------------|-------------------------------|
| №1 | 10                          | 163                           |
| №2 | 87                          | 355                           |
| №3 | 73                          | 60                            |

$J_r = 0,5; 1,0$  - трещины гладкие, плоские; поверхности скольжения;

$J_a = 0,75; 8,0$  - плотно залеченные трещины (кварц); на южном контакте – глинистые заполнители.

$A$  – прочность и напряженное состояние пород:

для кровли камеры – 4,2;  
для торца камеры – 6,3;  
для боковой стенки – 6,3.

В – ориентация трещин (нарушений) по отношению к обнажению стенок камеры:

кровля камеры – 0,2;  
торец камеры – 0,94;  
боковая стенка камеры – 0,28;  
С – угол падения (наклон) обнажения камеры:  
кровля камеры – 2,0;  
торец камеры – 8,0;  
боковая стенка камеры – 2,3.

Для камер, расположенных в закладочном массиве, приняты следующие рейтинги:

RQD – в закладочном массиве варьируется от 80 до 100%;

$J_n = 2$  – принята 1 система трещин, ввиду горизонтальной слоистости закладочного массива:

- угол падения – 0 градусов;
  - азимут падения – 0 градусов.
- $J_r = 1,0$  – трещины гладкие, плоские;  
 $J_a = 3,0$  – отсутствие контакта (глинистое покрытие);

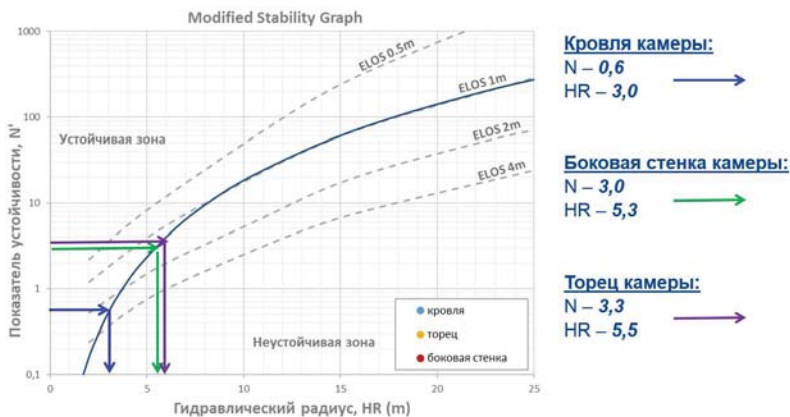
А – прочность и напряженное состояние пород:

для кровли камеры – 4,2;  
для торца камеры – 6,3;  
для боковой стенки – 6,3;

В – ориентация трещин (нарушений) по отношению к обнажению стенок камеры:

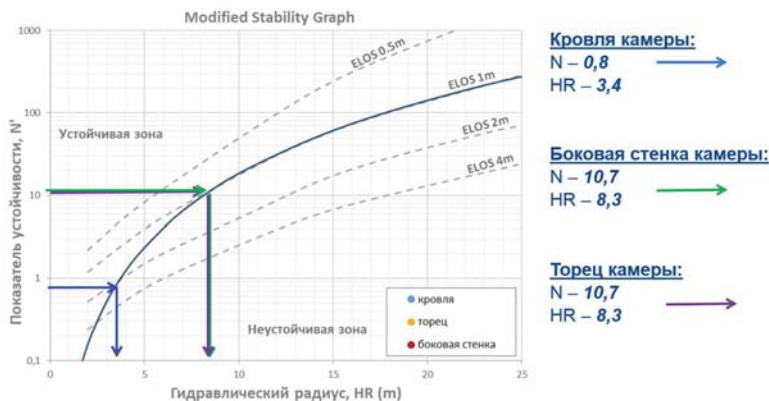
кровля камеры – 0,2;  
торец камеры – 0,94;  
боковая стенка камеры – 0,28;  
С – угол падения (наклон) обнажения камеры:  
кровля камеры – 2,0;  
торец камеры – 8,0;  
боковая стенка камеры – 2,30.

По полученным коэффициентам рассчитываем показатель устойчивости  $N$ , откладываем его значение на оси ординат диаграммы Потвина и получаем устойчивый гидравлический радиус обнажения  $NR$  (Рисунок 2 и 3).



ELOS – возможное превышение проектного контура камеры

Рисунок 2 - Допустимый (устойчивый) гидравлический радиус для камер, расположенных в рудном массиве



ELOS – возможное превышение проектного контура камеры

Рисунок 3 - Допустимый (устойчивый) гидравлический радиус для камер, расположенных в закладочном массиве

Расчеты размеров обнажений проводятся по наименьшему гидравлическому радиусу обнажения HR, т.е. по рудному массиву:

- кровля камеры -  $HR = 3,0$  м;
- боковое обнажение -  $HR = 5,3$  м.

Зная допустимый гидравлический радиус (HR), можно задать один размер обнажения (b) и определить допустимый второй параметр (a):

$$a = \frac{2b \times HR}{b - 2 \times HR}$$

|                            |    |    |    |    |    |
|----------------------------|----|----|----|----|----|
| Ширина камеры, м           | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 |
| Допустимая длина камеры, м | 42 | 24 | 20 | 15 | 12 |

На длину камеры накладывается ограничение по допустимому пролету для вертикального обнажения (HR = 5,2 м). При высоте подэтажа 20 м длина камер не должна превышать 20 м.

**Вывод.**

Для отработки глубоких горизонтов Тишинского рудника подэтажно-камерной системой разработки с закладкой выработанного пространства рекомендуются камеры со следующими параметрами:

ширина – 9 м;

длина – 20 м;

высота – 20 м.

## Литература

1 Laubscher, D.H. A geomechanics classification system for the rating of rock mass in mine design / D.H. Laubscher // J S Afr Inst Min Metall. - 1990. - (10) - С. 257-273.

2 Mathews, K. E. Prediction of stable excavation spans for mining at depths below 1,000 meters in hard rock /K.E.Mathews, E.Hoek, D.C.Wyllie, S.B.V.Stewart // Golder Associates Report to Canada Centre for Mining and Energy Technology (CANMET) / Department of Energy and Resources, Ottawa, Canada, 1980.

3 Potvin, Y. Design guidelines for open stope support /Y. Potvin, M.R. Hudyma, H.D.S. Miller // CIM Bull. - 1982. - (926). - С. 53-62.

ӨОЖ 622.831

## Резюме

Ананин А. И., А. Ю. Тарасов А. Ю.

*Тишин кенішінің терең горизонттарында камералардың тұрақты параметрлерін геомеханикалық негіздеу*

*Мэтьюз-Потвин шығысының орнықтылығын бағалаудың графикалық әдісі өңделетін кеңістікті орналастыра отырып, Тишинск шахтасының терең горизонттарын қазып алу кезінде тазарту камераларының параметрлерін анықтайды.*

*Түйін сөздер: геомеханика, даму жүйесі, камера параметрлері*

**Summary**

Ananin, A. I., A. Yu., Tarasov A. Y.

*Geomechanical substantiation of steady parameters of the cameras on the deep horizons of tishinsky mine*

*The Matthews-Potvin graphical method for assessing the stability of outcrops determines the parameters of the open stopes during mining of the deep levels of the Tishinsky mine by a sublevel stoping mining system with backfilling of the mined-out space.*

*Keyword: geomechanics, mining system, stope parameters*

**Калдыбаев А.А., Нурақынов С.М., Искаков Б.А.,  
Кайранбаева А.Б., Шигаев Д.Т.**  
(<sup>1</sup>ДТОО «Институт ионосферы», АО «НЦКИТ», г. Алматы)

## **МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ**

*Аннотация. В данной статье описаны принцип работы и преимущество георадара, а также показана методика диагностирования и оценка технического состояния гидротехнических сооружений георадиолокационными методами.*

*Использование георадарного метода позволила неразрушающими методами контроля с поверхности получить специализированную информацию по изолированным структурам и границам слоев, отследить и измерить потенциально опасные проявления в плотинах.*

*Ключевые слова: гидротехнические сооружения, георадар, зона разуплотнения, аномальные зоны.*

**Введение.** На сегодняшний день благодаря использованию одним из самых уникальных и современных геофизических приборов – георадаром, который предоставляет уникальный шанс работать, так называемый, экологичный «неразрушающий» метод подпочвенного исследования в различных структурах. Изобретение георадара и его применение в различных сферах деятельности человека позволило значительно снизить производственные затраты [1].

Успешность решения широкого круга задач георадаром заложена в принципе его действия. Геофизические измерения позволяют определить физические характеристики слоев грунта и сделать выводы об их строении и структуре материала с поверхности земли и/или воды. Принцип же работы георадара основан на использовании классических принципов радиолокации.

Выбор длительности импульса определяется необходимой глубиной зондирования и разрешающей способностью прибора. Излучаемый в исследуемую среду импульс отражается от находящихся в ней предметов или неоднородностей среды, имеющих отличную от среды диэлектрическую проницаемость или проводимость, принимается приемной антенной, усиливается в широкополосном усилителе, преобразуется в цифровой вид при помощи аналого-цифрового преобразователя и запоминается для последующей обработки. Скорость распространения волн записывается через равные промежутки вдоль одной линии. На основании таких радарограмм рассчитывается 2-D-отображение подземных слоев, которое показывает картину расположения границ слоев и положение изолированных объектов.

Исследуемой средой для георадара может быть любой материал: грунт, железобетон, бетон, кирпичная стена и др.

Исследования георадара активно и успешно проводит и в сфере обследования гидротехнических сооружений (ГТС). Достоинством метода является высокая производительность и высокая разрешающая способность, как в плане, так и по глубине. Глубинность исследования - от первых десятков сантиметров до первых десятков метров.

Проблема безопасности гидротехнических сооружений тесно связана с историей отечественной и мировой гидротехники, проектированием и строительством гидроузлов, плотин, каналов, гидроэлектростанций [2].

**Методы и результаты исследования.** Несвоевременно выявленные и не устранённые дефекты и повреждения нередко перерастают в серьезные конструктивные нарушения гидротехнических сооружений и невозможность их дальнейшей эксплуатации. Поэтому важно правильно и своевременно оценить состояние сооружения и предусмотреть мероприятия по ремонту их повреждений на ранней стадии развития. Существующие на сегодняшний день методы определения эксплуатационной надежности подобных гидротехнических сооружений относятся к визуальным и используют разрушающие методы ударного воздействия, точность измерения которых недостаточна.

Общей целью обследования технического состояния гидротехнических сооружений являются выявление степени физического износа, причин, обуславливающих их состояние, фактической работоспособности элементов и разработка мероприятий по обеспечению их эксплуатационных параметров, а также описание технического состояния.

Техническое состояние гидротехнических сооружений при проведении эксплуатационного мониторинга определяется с применением приборов неразрушающего контроля на основе выявления таких факторов, как:

- геометрические размеры конструкций и их сечений;
- наличие трещин, а также отколов и разрушений;
- количественные параметры прогибов и деформаций конструкций;
- фактические значения сцепления арматуры с бетоном после длительной эксплуатации элементов сооружения;
- наличие разрыва арматуры;
- степень коррозии бетона и арматуры.

Эксплуатационный мониторинг длительно эксплуатируемых гидротехнических сооружений включает проведение следующих этапов.

- 1) Информационное и техническое обеспечение.
- 2) Подготовительный этап.
- 3) Визуальный осмотр обследуемых гидротехнических сооружений.
- 4) Обследование гидротехнических сооружений приборами неразрушающего контроля.

5) Анализ материалов проведенного эксплуатационного мониторинга технического состояния гидротехнических сооружений с применением приборов неразрушающего контроля [3].

Основными параметрами, подвергаемыми неразрушающему контролю в железобетонах, являются прочность, величина защитного слоя, влажность, морозоустойчивость, влагонепроницаемость и ряд других. Так же на долговечность железобетонной конструкции существенное влияние оказывают величина защитного слоя бетона и наличие на нем дефектов – трещин, раковин, пор, и т.д. Защитный слой предохраняет арматуру от доступа влаги, кислорода, агрессивных веществ и газов. Арматурные стержни, имеющие небольшой защитный слой или значительные дефекты в нем, подвергаются коррозии в первую очередь [4].

При проведении оценки технического состояния гидротехнических сооружений использовались приборы неразрушающего контроля, приборы по определению геометрических характеристик их дефектов и повреждений, георадар ОКО-2.

Георадар имеет в своем составе антенный блок, в который входят приемная и передающая антенны, блок управления (БУ) и устройство отображения, в качестве которого используются портативный компьютер или специализированный блок обработки (БО), предназначенный для работы в сложных климатических условиях (мороз, дождь, снег, яркое солнце) и защищенный от механических воздействий [5].

Для точной пространственной привязки профилей наблюдения используются датчики перемещения.

Исследование состояния грунтов, залегающие в основании гидротехнических сооружений, в том числе динамические изменения свойств грунтов в процессе многолетней эксплуатации, представляет собой актуальную и весьма важную задачу. Одними из интересных и информативных результатов обследования мы покажем Каратомарское водохранилище которое расположена на реке Тобол.

При выполнении георадарного профилирования на Каратомарском водохранилище были проведены 8 продольных профилей по 200-250 метров в длину по гребню и верхнему бьефу плотины, глубиной зондирования свыше 10 метров (Рисунок 1).



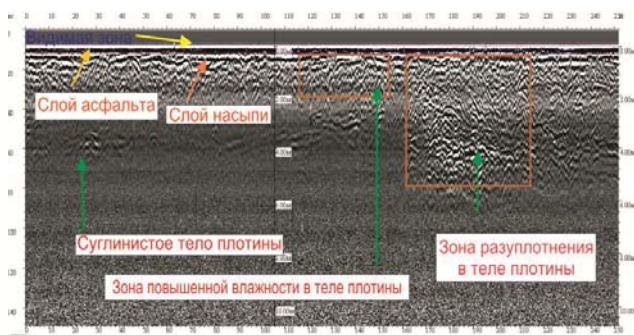


Рисунок 1 – Продольный профиль № 0003 по геофизическому исследованию с водохранилища Каратомар

Также, как и Каратомарское водохранилище, очень интересным является Шардаринское водохранилище в близ города Шардара на реке Сырдария. И здесь используется профилирование с применением цветовой гаммы, и контрастности (Рисунок 2).

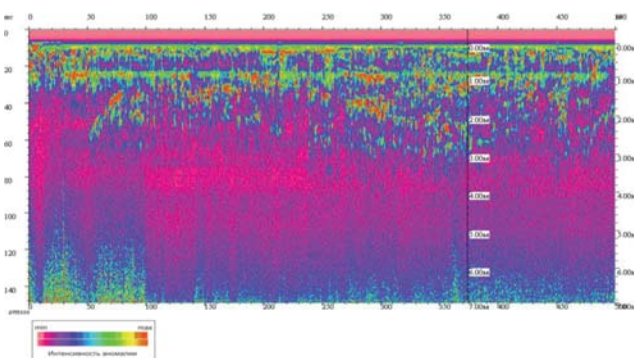


Рисунок 2 – Продольный профиль № 0001 по геофизическому исследованию с водохранилища Шардара.

**Обсуждение результатов.** В результате обработки и интерпретации георадарного профиля № 0003 на Каратомарском водохранилище была обнаружена зона разуплотнения и зоны повышенной влажности в теле плотины. На георадарном профиле четко проявляются геологические слои и границы разуплотнения в точках от 160 до 215 метров на глубине до 6 метров от уровня гребня дамбы. Зафиксирована граница зоны распределения, при котором в грунтах происходит перераспределение напряженного состояния, приводящее к развитию трещин разрыва в поперечных направлениях, относительно продольной оси дамбы.

Понятие «*зона разуплотнения*» в данной терминологии означает, что грунт в этой зоне менее плотен, чем в окружающих слоях. Полости (пустоты) в основании отсутствуют, так как они имеют характерный «радиообраз» - неоднократно повторяющийся сигнал из-за переотражения волн в полости, чего при выполнениях работ не обнаружено. Также зафиксирована особо повышенная зона влажности в теле плотины на отметке 115-155 метрах глубиной проницаемости до 2 метров, что может так же привести к образованию аномальных зон в теле плотины.

В результате обработки и интерпретации георадарного профиля 0001 на Шардаринском водохранилище были обнаружены аномальные зоны в теле плотины. На георадарном профиле в интенсивной цветовой гамме четко проявляется степень аномальных зон по глубине и длине их залегания. Зафиксированы участки аномальных зон и возможные зоны влагонасыщения естественной фильтрации, указанные в нижней части георадорограммы.

**Выводы.** Использование георадарного метода позволила неразрушающими методами контроля с поверхности получить специализированную информацию по изолированным структурам и границам слоев, а так - же установить распределение различных материалов в сооружении. По мимо этого нами разработана технология наземно-космического мониторинга гидротехнических сооружений и ирригационных систем, позволяющая оперативно обнаружить, отследить и измерить потенциально опасные проявления в бетонных и земляных конструкциях сооружений, а также провести необходимые мероприятия по ликвидации возможных аварий и чрезвычайных ситуаций.

Используя георадарные технологии в оценке современного состояния гидротехнических сооружений и ирригационных систем, мы можем получить максимально точные и достоверно характеризующие обследованные сооружения, в соответствии с современными мировыми требованиями к исследованию водохозяйственных объектов.

## Литература

1. Колосов М.А., Моргунов К.П., Коган Г.В.Использование георадарных методов исследования грунтов востнований камеры шлюза, Журнал университета водных коммуникаций. - 2009 - №4. - С. 29-33.
2. Саламов А.М., Габибов Ф.Г. Изучение оползневых процессов на Баиловском склоне в г. Баку методом вертикального электрического зондирования. А.М. Саламов, Ф.Г. Габибов, Инженерные изыскания. - 2010 - №11. - С. 36-41.
3. Белозеров А.А., Кулижников А.М. Применение георадаров для обследования оползневых участков автомобильных дорог, Георадары-дороги - 2002. Материалы Межд. научн.-практ. конф., АГТУ, г. Архангельск, 2002, с. 67-73.
4. Бандурин М.А. Обследование состояния оросительных лотковых каналов азовской оросительной системы неразрушающими методами. Научный журнал КубГАУ, №24(8),2006г.

5. Анур А., Старовойтов А.В., Владов М.Л. Опыт применения георадиолокации для выявления зон развития провалов в городе. Вестник МГУ, сер.Геология, 1999.

## References

1. Kolosov M.A., Morgunov K.P., Kogan G.V. Ispol'zovaniye georadarnykh metodov issledovaniya sdviga vlazhnykh gazov, Zhurnal Universiteta vodnykh soobshchestv. - 2009 - №4. - S. 29-33. 2. Salamov A.M., Gabibov F.G. Izucheniye opolznevykh protsessov na Bailovskom sklone v g. Bakinskiy vertikal'nyy metod elektricheskogo zondirovaniya. AM Salamov F.G. Gabibov, Inzhenernyye izyskaniya. - 2010 - №11. - S. 36-41. 3. Belozero A.A., Kuleshnikov A.M. Ispol'zovaniye georadov dlya poiska vzryvoopasnykh uchastkov, Georear Strokes - 2002. nauchn. praktichnyy. Konf., AGTU, g. Arkhangel'sk, 2002, s. 67-73. 4. Bandurin M.A. Nablyudeniye za sostoyaniyem bitumnykh kanalov Azovskoy raduzhnoy sistemy nerazbavlennymi metodami. Nauchnyy zhurnal Kubgau, № 24 (8), 2006. 5. Anur A., Starovoytov A. V., Vladimir M. L. Podkhody k primeneniyu geodinamiki dlya razvitiya provintsii v gorode. Vestnik MGU, Institut geologii, 1999.

ӨЖ 550.383

## Резюме

*Калдыбаев А.А., Нуракинов С.М., Исаков Б.А., Кайранбаева А.Б., Шигаев Д.Т.  
(ЕЖШС «Ионосфера Институты», АҚ «НЦКИТ», Алматы қ-сы)*

*Георадиолокация әдісімен гидротехникалық құрылыстардың техникалық жағдайын диагностикалау және бағалау.*

*Георадар әдісін қолдану оқшауланған құрылымдар мен қабат шекаралары туралы арнайы ақпарат алуға, бөгеттердегі ықтимал қауіпті көріністерді бақылауға және өлшеуге мүмкіндік беретін жер үстінен сынаусыз жүргізуге мүмкіндік берді.*

*Түйін сөздер: гидротехникалық құрылыстар, георадар, тығыздалмаған аймақ, аномальды аймақтар.*

UDC 550.383

## Summary

*Kaldybaev A.A., Nurakynov S.M., Isakov B.A., Kairanbaeva A.B., Shigaev D.T.  
(SLLP "Institute of Ionosphere" JSC "NCSRT", Almaty)*

*Diagnostic and assessment methods for the technical condition of hydraulic structures using ground-penetrating radar methods.*

*Using the georadar method allowed non-destructive methods of control from the surface to obtain specialized information on isolated structures and layer boundaries, to track and measure potentially dangerous manifestations in dams.*

*Key words: hydraulic structures, georadar, decompression zone, anomalous zones.*

## **ИЗУЧЕНИЕ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА РЕКУЛЬТИВАЦИИ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ**

*Показана важность обоснования рационального способа рекультивации поверхности внешних отвалов в период эксплуатации месторождений полезных ископаемых в соответствии с требованиями целесообразного использования земель. Приведены наиболее экологически результативные способы рекультивации техногенных ландшафтов, лесной рекультивации с позиции обеспечения максимальных приростов высаживаемых деревьев, санитарно-гигиенического направления биологического восстановления техногенно нарушенных земель и восстановления биологической продуктивности нарушенных площадей.*

*Ключевые слова: карьер, отвал, нарушение земель, рекультивация, окружающая среда, растительность, месторождение.*

На открытых разработках интенсивность и длительность воздействия нагрузок на окружающую природную среду имеет большое значение при решении вопросов техногенно нарушенных земель. При ведении горных работ происходит полная трансформация всех компонентов естественного ландшафта в районе эксплуатации месторождения. На нарушенных горными работами территориях природное восстановление почвенного покрова начинается с начальных стадий развития и преобразования идут чрезвычайно медленно. Поэтому своевременное проведение рекультивационных работ позволяет ускорить процесс реабилитации нарушенных земель, значительно сократить вредное влияние открытых разработок на окружающую среду, создать необходимые условия для самовозобновления флоры и фауны, а также снизить затраты на охрану и воспроизводство земельных ресурсов.

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых, наряду с требованиями экономичности и безопасности, должна отвечать требованиям благоприятного использования земель района отработки минерального сырья. Освоение запасов недр включает в себя техническую рекультивацию, выполняемую технологическим оборудованием в ходе эксплуатации месторождения и формирования внешних отвалов. Выбор целесообразного направления рекультивации нарушенных земель следует проводить на основании анализа реализуемых видов землепользования, способствующих поддержанию

устойчивости экосистемы района и улучшению экологического состояния окружающей среды района добычи руд. Эффективность выбранных рекультивационных мероприятий и перспективы использования реабилитированных участков после окончания горных работ зависят от условий сохранения основных литогенных ресурсов, отвечающих за восстановление почвы и создания благоприятных условий для рекультивации нарушенных земель в процессе отработки месторождений.

Своевременное проведение рекультивационных работ позволяет ускорить процесс восстановления нарушенных земель, значительно сократить вредное влияние открытых разработок на окружающую среду, создать необходимые условия для возобновления флоры и фауны, а также снизить затраты на охрану и воспроизводство земельных ресурсов.

При эксплуатации месторождений открытым способом, наряду с требованиями экономичности и безопасности, должны соблюдаться следующие требования рационального использования земель и технической рекультивации, выполняемой технологическим оборудованием в ходе разработки месторождения и формирования отвалов [1]:

- селективная выемка пригодных для рекультивации пород, их транспортировка, хранение, непосредственное использование для рекультивации земель или землеваяния малопродуктивных земель;
- размещение непригодных и малопродуктивных пород в нижней части отсыпаемых отвалов;
- выполнение основных объемов работ по планировке поверхности и выполаживанию откосов отвалов, необходимых для обеспечения требований принятого проектом направления рекультивации;
- оптимальное изъятие и минимальные сроки использования земель в технологическом процессе.

При рекультивации нарушенных земель необходимо стремиться к тому, чтобы в какой-то мере восполнить хозяйственный и экологический ущерб, наносимый естественному состоянию почвенного покрова, и значительному снижению негативного влияния техногенных ландшафтов на прилегающие территории [2,3]. Для этого следует использовать направление рекультивации с подбором благоприятного корнеобитаемого слоя растений или почвоподобное образование на поверхности техногенного объекта, свойства и режимы которого в максимально возможной степени приближены к уровню ненарушенных почв. При этом окончательный выбор одного из нескольких вариантов обосновывается величиной, характеризующей хозяйственную и экологическую эффективность выполняемых работ. Созданные техноземы на начальных этапах освоения значительно отличаются от естественных почв, поэтому быстрое введение рекультивированных участков в интенсивный сельскохозяйственный оборот не дает заметного

эффекта и ведет к деградации насыпного слоя почвы. При естественном состоянии свойства плодородного слоя почвы (ПСП) регулируются процессами почвообразования, наличием генетической и биологической сопряженности, то в техноземах эти механизмы должны восстановиться на мелиоративном этапе. Только после достижения устойчивых благоприятных показателей агрофизического и гумусового состояния в насыпном слое рекультивированные участки можно вводить в сельскохозяйственный оборот.

Решение проблемы целесообразного использования экологически ценного георесурсов ПСП, потенциально плодородных пород и снижения негативных экологических последствий нарушения земель необходимо рекомендовать на стадии разработки технико-экономического обоснования освоения месторождения и оценивать перспективы применения технологий рекультивации с высоким экологическим эффектом [4-6]. При этом работы горнотехнического этапа рекультивации нарушенных земель следует включить в технологическую цепочку отработки месторождения и выполнение всех работ основным горно-транспортным оборудованием. Восстановление нарушенных земель необходимо проводить с сохранением и рациональным использованием местных природных ресурсов рекультивации. Наиболее экологически результативную рекультивацию техногенных ландшафтов можно осуществить при условии максимально полного и рационального функционирования техногенных ландшафтов. С целью успешного решения проблемы предлагается использовать систему дифференцированной ответственности за принятие решений, имеющих экологические последствия, в области рекультивации нарушенных земель и привлекать научных работников к разработке практических работ.

Валовые отсыпанные отвалы горных пород, выполненные в виде гребней или частично выположенные, с нарезанными на их поверхности каналами собирают влагу и мелкозем в свои понижения, дают возможность ускорить процесс почвообразования и биофитоценоза без землевания поверхности плодородными или потенциально плодородными породами мелиорации [7]. С увеличением расчлененности гребневых форм рельефа, в том числе и их каменистости, степени ксероморфизма возрастает поверхность отвалов, свободная от травянистой растительности, что лимитирует процесс их самозарастания.

При добыче полезных ископаемых в зонах избыточного переувлажнения формирование рекультивационной поверхности проводится одновременно с созданием благоприятных гидрологических и гидрогеологических условий отвалов [8]. Планировка поверхности отвалов выполняется с уклонами, необходимыми для организации поверхностного стока, а при наличии близких грунтовых вод для

строительства открытой осушительной сети. Длительная практика показывает, что нарушенные земли, восстановленные с соблюдением всех требований технической и биологической рекультивации, могут использоваться в сельскохозяйственном производстве для выращивания всех сельскохозяйственных культур и обеспечивать урожайность не ниже, чем на старопашотных землях.

Цели горнотехнической рекультивации достигаются как при ведении основных горноподготовительных и горнотранспортных, а также добычных работ, так и при осуществлении комплекса специальных работ, выполнение которых в составе основного технологического цикла невозможно или нецелесообразно [9]. Наиболее эффективна горнотехническая рекультивация, которая является технологическим звеном горных работ, включенная в основной технологический процесс добычи сырья. При биологической рекультивации по восстановлению плодородия нарушенных земель, их возвращение в сельскохозяйственное, лесное или иное пользование, создается благоприятное для жизни и деятельности человека ландшафт.

На основании исследования результатов лесной рекультивации, проведенной угольным разрезом «Бородинский» на территории породных отвалов, представлены результаты дешифрирования и обработки космических снимков, по которым установлена динамика формирования и развития растительной экосистемы на участках [10]. В ходе отработки угольных месторождений открытым способом поверхностный слой породных отвалов для проведения лесной рекультивации с позиции обеспечения максимальных приростов высаживаемых деревьев необходимо отсыпать четвертичными породами, отгружаемыми на отвал в ходе отработки первого вскрышного уступа в смеси с почвенными слоями, что обеспечивает повышение экологических показателей рекультивируемых породных отвалов.

Каждой стадии техногенного почвообразования соответствует распространение определенных растительных сообществ. На инициальных эмбриоземах выделяются пионерные группировки, сложенные в основном травянистыми сорными видами, на органо-аккумулятивных встречаются злаки, осоки, кустарники, на дерновых и гумусово-аккумулятивных представлены различные группы травянистой и древесной растительности [11]. Состояние растений на всех типах почв отличается разной степенью угнетения, деревья сосны 30-40-летнего возраста, произрастающие на органо-аккумулятивных эмбриоземах, характеризуются сильно сниженными морфометрическими параметрами побегов и хвои. Наличие прямых достоверных связей между содержанием этих элементов в хвое деревьев и верхних горизонтах эмбриоземов свидетельствует об активном их поступлении в организм растения через корневую систему.



В Кузбассе на горных работах в основном применяются методы лесной и сельскохозяйственной рекультивации, в производственном масштабе преимущественно проводят лесную рекультивацию с использованием сосны обыкновенной [12]. В результате проведенных исследований отмечено увеличение доступных для растений форм азота, фосфора, калия в техногенных элювиях, что стимулирует рост травянистых растений на опытных делянках под влиянием внесенной микробной массы. В настоящее время наиболее востребованы экономически целесообразные способы восстановления биологической продуктивности нарушенных площадей с внедрением биотехнологий.

Формирование внешнего отвала в соответствии с требованиями рекультивации нарушенных земель способствует уменьшению негативного воздействия открытых горных работ на окружающую среду, рациональному использованию природных ресурсов в интересах общества и устойчивому развитию района добычи полезного ископаемого [13-17]. Результаты наших исследований подтвердили, что проведение максимального объема работ по технической рекультивации, с учетом требования биологической рекультивации объекта рекультивации в процессе ведения открытых горных работ, благоприятствует оздоровлению состояния территории района и окружающей природной среды. Нами были проведены полевые геоботанические обследования и лабораторный анализ почвенного покрова, а также съемки территории золоторудного месторождения Родниковое наземным лазерным сканированием, способствующего ускорению процесса съемки и последующей обработки результатов (Рисунок 1). По результатам исследования предлагается санитарно-гигиеническое направление биологического восстановления техногенно нарушенных земель. На поверхность отвала кучного выщелачивания после проведения планировки рекомендуется нанести ПСП агротехническими приемами и формировать растительный покров с посевом многолетних трав.

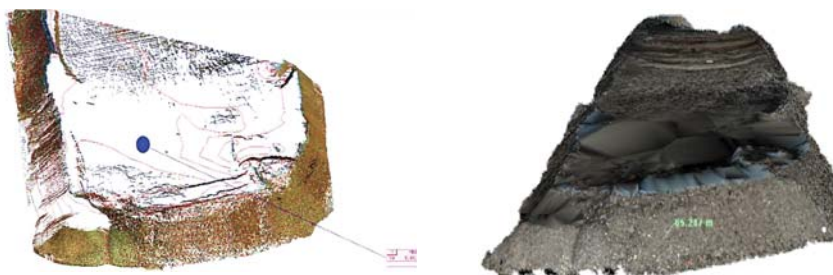


Рисунок 1. Результаты съемки отвала кучного выщелачивания наземным лазерным сканированием.



Создание благоприятных условий для рекультивации нарушенных земель при открытой разработке месторождений полезных ископаемых способствует эффективному проведению рекультивационных работ и рациональному использованию техногенно нарушенных территорий после окончания горных работ. При максимально полном и рациональном использовании местных природных ресурсов представляется возможность осуществления наиболее результативной рекультивации техногенных ландшафтов открытых горных разработок и перспективы функционирования техногенных ландшафтов. Восстановление нарушенных земель с соблюдением всех требований технической и биологической рекультивации могут использоваться в сельскохозяйственном и лесном хозяйстве с целью создания благоприятных условий для жизни и деятельности человека ландшафт.

Выводы. При рекультивации нарушенных земель следует учитывать природные условия формируемого внешнего отвала разрабатываемого месторождения, расчлененность гребневых форм рельефа отсыпаемой поверхности и рациональное использование местных природных ресурсов. Обоснование способа рекультивации нарушенных земель на конкретном месторождении выполнены на основании полевых почвенных обследований, лабораторного анализа пробы почвы и конкретной съемки состояния объектов с целью получения качественного результата при определении направления восстановления техногенно нарушенных земель на горных работах. Использование благоразумного направления рекультивации техногенно нарушенных земель способствует оздоровлению состояния территории района и окружающей природной среды, поэтому привлечение научных работников к разработке практических работ по рекультивации даст положительный эффект для успешного решения проблемы, имеющей экологические последствия. В этой связи при освоении месторождений полезных ископаемых в республике следует стремиться к использованию внедренных рациональных способов рекультивации нарушенных земель на открытых горных работах.

Статья подготовлена по проекту ГФ МОН РК 2018/АРО5131591.

### **Литература**

1. Методические указания по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях угольной промышленности. ВНИИОСуголь. docs.cntd.ru/document/464663799.
2. Андроханов В.А., Лавриненко А.Т. Обоснование технологии создания и формирования корнеобитаемого слоя поверхности отвалов угледобывающих предприятий КАТЭКа для биологической рекультивации // Вестник КрасГАУ. 2013. №4. -С.39-44.

<https://cyberleninka.ru/article/.../obosnovanie-tehnologii-sozdasozdaniya-i-formirovaniya-k>.

3. Андроханов В.А., Двуреченский В.Г., Якуба А.Б. Проблемы сельскохозяйственной рекультивации техногенных ландшафтов КАТЭКа. [elarurfu.ru/bitstream/10995/32743/1/brimnz\\_2012\\_04.pdf](http://elarurfu.ru/bitstream/10995/32743/1/brimnz_2012_04.pdf).

4. Горбунова А.Р., Семина И.С. Рациональное использование природных ресурсов в рекультивации нарушенных земель. [science.kuzstu.ru/wpcontent/Events/Forum/Ecology/2015/mef3/.../Gorbunova.pdf](http://science.kuzstu.ru/wpcontent/Events/Forum/Ecology/2015/mef3/.../Gorbunova.pdf).

5. Горбунова А.Р., Шпилова А.М., Семина И.С., Беланов И.П. Особенности технологии рекультивации в лесостепной зоне Кузбасса // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. № 3 (13), 2015. -С.37-39.

6. Семина И.С., Андроханов В.А. О рекультивации нарушенных земель на разрезах Кузбасса. [www.giab-online.ru/files/Data/2014/12/48\\_307-314\\_Androhanov.pdf](http://www.giab-online.ru/files/Data/2014/12/48_307-314_Androhanov.pdf).

7. Лавриненко А.Т., Остапова Н.А. Изучение лимитирующих факторов биологической рекультивации на отвалах гребневой формы отсыпки угледобывающих предприятий Хакасии // Уголь. №12. 2018. -С.98-100.

8. Трофимова Г.И., Черемисина В.Г. Рекультивация нарушенных земель в Кузбассе. <https://docplayer.ru/37416820-Rekultivaciya-narushennyh-zemel-v-kuzbasse.html>.

9. Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для угледобывающего сектора / Отв. редакторы С.А. Шейнфельд, Ю.А. Манаков. -Кемерово, Новокузнецк: ИнЭКА, 2017. -254 с.

10. Зеньков И.В., Юронен Ю.П. Результаты исследования состояния лесной рекультивации на породных отвалах разреза «Бородинский». [science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Sibresource/2016/.../62.pdf](http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Sibresource/2016/.../62.pdf).

11. Шергина О.В., Михайлова Т.А., Калугина О.В., Пройдакова О.А. Естественное восстановление почвенного и растительного покровов на промышленных отвалах. [www.izdatgeo.ru/pdf/gipr/2015-2/66.pdf](http://www.izdatgeo.ru/pdf/gipr/2015-2/66.pdf).

12. Макеева Н.А., Неверова О.А. Обзор методов ускоренной рекультивации нарушенных угледобычей земель // Вестник КрасГАУ. 2016. №8. -С.77-86.

13. Kalybekov T., Sandibekov M.N., Rysbekov K.B. Management of land reclamation on opencast mining. Resources and resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. - Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2018. - 363p. (P.37-53).

14. Калыбеков Т., Жакыпбек Ы. Изучение критериев выбора направлений рекультивации нарушенных земель при разработке месторождений открытым способом // Вестник КазНУ имени К.И. Сатпаева. №4 (128), 2018. -С.39-44.

15. Kalybekov, T., Rysbekov, K., Zhakypbek, Y. Efficient land use in open-cut mining. New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and

Practical Solutions of Mineral Resources Mining. - 2015. - P. 19-23. Scopus Author ID: 57191974391.

16. Kalybekov T., Rysbekov K.B., Sandibekov M.N. Studying of the condition of the mined lands on open-cast minings and their recultivation. International Scientific and Technical Internet Conference "Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing". Book of Abstracts. - Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2018. -221 p. (p79-81).

17. М.Н.Сандибеков, К.Б.Рысбеков, Ы.Жакыпбек, Е. Куюков. Обоснование направления рекультивации нарушенных земель при кучном выщелачивании золотосодержащих руд месторождения родниковое. Москва, ООО «Геомар Недра»: Научно-технический и производственный журнал «Маркшейдерия и Недропользование» №2(100), 2019. С54-57

### References

1. Metodicheskie ukazaniya po proektirovaniyu rekul'tivacii narushennyh zemel' na dejstvujushhih i proektiruemyh predpriyatiyah ugol'noj promyshlennosti. VNIIO Suga'. docs.cntd.ru/document /464663799.
2. Androhanov V.A., Lavrinenko A.T. Obosnovanie tehnologii sozdaniya i formirovaniya korneobitaemogo sloja poverhnosti otvalov ugledobyvajushhih predpriyatij KATJeKa dlja biologicheskoy rekul'tivacii // Vestnik KrasGAU. 2013. №4. -S.39-44. <https://cyberleninka.ru/article/... /obosnovanie-tehnologii-sozdasozdaniya-i-formirovaniya-k>.
3. Androhanov V.A., Dvurechenskij V.G., Jakuba A.B. Problemy sel'skohozjajstvennoj rekul'tivacii tehnogennyh landshaftov KATJeKa. elarurfu.ru/bitstream/10995/32743/1/brimnz\_2012\_04.pdf.
4. Gorbunova A.R., Semina I.S. Racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov v rekul'tivacii narushennyh zemel'. science. kuzstu.ru/wpcontent /Events/Forum/Ecology/2015/mef3/.../Gorbunova.pdf.
5. Gorbunova A.R., Shipilova A.M., Semina I.S., Belanov I.P. Osobennosti tehnologii rekul'tivacii v lesostepnoj zone Kuzbassa // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta. № 3 (13), 2015. -S.37-39.
6. Semina I.S., Androhanov V.A. O rekul'tivacii narushennyh zemel' na razrezah Kuzbassa. [www.giab-online.ru/files/Data/2014/12/48\\_307-314\\_Androhanov.pdf](http://www.giab-online.ru/files/Data/2014/12/48_307-314_Androhanov.pdf).
7. Lavrinenko A.T., Ostapova N.A. Izuchenie limitirujushhih faktorov biologicheskoy rekul'tivacii na otvalah grebnevoj formy otsypki ugledobyvajushhih predpriyatij Hakasii // Ugol'. №12. 2018. -S.98-100.
8. Trofimova G.I., Cheremisina V.G. Rekul'tivaciya narushennyh zemel' v Kuzbasse. <https://docplayer.ru/37416820-Rekultivaciya-narushennyh-zemel-v-kuzbasse.html>.
9. Sbornik innovacionnyh reshenij po sohraneniju bioraznoobrazija dlja ugledobyvajushhego sektora / Otv. redaktery S.A. Shejnfel'd, Ju.A. Manakov.

- Kemerovo, Novokuzneck: InJekA, 2017. -254 s.
10. Zen'kov I.V., Juronen Ju.P. Rezul'taty issledovaniya sostojanija lesnoj rekul'tivacii na porodnyh otvalah razreza «Borodinskij». *ciencie.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Sibresource/2016/.../62.pdf*.
11. Shergina O.V., Mihajlova T.A., Kalugina O.V., Projdakova O.A. Estestvennoe vosstanovlenie pochvennogo i rastitel'nogo pokrovov na promyshlennyh otvalah. *www.izdatgeo.ru/pdf/gipr/2015-2/66.pdf*.
12. Makeeva N.A., Neverova O.A. Obzor metodov uskorennoj rekul'tivacii narushennyh ugledobychej zemel' // *Vestnik KrasGAU*. 2016. №8. -C.77-86.
13. Kalybekov T., Sandibekov M.N., Rysbekov K.B. Management of land reclamation on opencast mining. Resources and resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. - Petroşani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2018. - 363r. (R.37-53).
14. Kalybekov T., Zhakypbek Y. Izuchenie kriteriev vybora napravlenij rekul'tivacii narushennyh zemel' pri razrabotke mestorozhdenij otkrytym sposobom // *Vestnik KazNITU imeni K.I. Satpaeva*. №4 (128), 2018. -S.39-44.
15. Kalybekov, T., Rysbekov, K., Zhakypbek, Y. Efficient land use in open-cut mining. *New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*. - 2015. - R. 19-23. Scopus Author ID: 57191974391.
16. Kalybekov T., Rysbekov K.B., Sandibekov M.N. Studying of the condition of the mined lands on open-cast minings and their recultivation. *International Scientific and Technical Internet Conference "Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing"*. Book of Abstracts. - Petroşani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2018. -221 p. (r79-81).
17. M.N.Sandibekov, K.B.Rysbekov, Y.Zhakypbek, E. Kujukov. Obosnovanie napravlenija rekul'tivacii narushennyh zemel' pri kuchnom vyshhelachivanii zolotosoderzhashhih rud mestorozhdenija rodnikovoe. Moskva, OOO «Geomar Nedra»: *Nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal «Markshejderija i Nedropol'zovanie»* №2(100), 2019. S54-57

### **Резюме**

Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Сандибеков М.Н., Куюков Е.  
(Қ.И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу  
университеті)

#### **СЫРТҚЫ ҮЙІНДІЛЕРДІ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУДІҢ ТИІМДІ ТӘСІЛІН НЕГІЗДЕУ**

Жерді мақсатқа сай пайдалану талаптарына сәйкес пайдалы қазбалар кен орындарын пайдалану кезеңінде сыртқы үйінділердің бетін рекультивациялаудың ұтымды тәсілін негіздеудің маңыздылығы көрсетілген. Техногендік ландшафттарды қайта құнарландырудың, отырғызылатын ағаштардың ең жоғары өсімін қамтамасыз ету тұрғысынан орманды қайта құнарландырудың, техногендік бұзылған жерлерді биологиялық қалпына келтірудің санитариялық-гигиеналық бағытының және бұзылған алаңдардың биологиялық өнімділігін қалпына келтірудің неғұрлым экологиялық нәтижелі тәсілдері келтірілген.

Түйінді сөздер: карьер, үйінді, жердің бұзылуы, рекультивация, қоршаған орта, өсімдік, кен орны.

UDC 550.383

### **Summary**

Kalybekov T., Rysbekov K. B., Of Sandybaev M. N., Kuyukov E.  
(Kazakh national research technical University named after K. I.  
Satpayev)

#### **STUDY OF JUSTIFICATION OF RATIONAL METHOD OF RECLAMATION OF EXTERNAL DUMPS**

The importance of justifying a rational way of reclamation of the surface of external dumps during the operation of mineral deposits in accordance with the requirements of the expedient use of land is shown. The most environmentally efficient ways of reclaiming man-made landscapes, forest reclamation from the standpoint of ensuring maximum growth of planted trees, sanitary-hygienic direction of biological restoration of technologically disturbed lands and restoration of biological productivity of disturbed areas are given.

Key words: quarry, dump, land disturbance, recultivation, environment, vegetation, field.

**Метакса Г.П.**  
(ИГД им. Д.А. Кунаева, г Алматы)

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ**

*Аннотация: Результаты анализа по материалам отчета 1.1.2.1 «Прогноз и управление геомеханическими процессами в породном и приконтурных массивах при добыче твердых полезных ископаемых» - Джезказганское месторождение 1995г.*

*Ключевые слова: Жезказганское месторождение, геомеханика, минералы, гистограмма, статистический анализ.*

Выполнена статистическая обработка приведенных в отчете данных по изучению количества обрушений в зависимости от мощности выработки (рисунок 1), от глубины горизонта обрушения (рисунок 2), от мощности пород междупластия (рисунок 3) и от глубины, на которой зафиксировано обрушение (рисунок 4) [1, 2].

Полученные гистограммы распределения потока обрушений от разных масштабных признаков разрабатываемого месторождения свидетельствуют о том, что существует прямая зависимость числа катастрофических событий от масштабных факторов разработки месторождения.

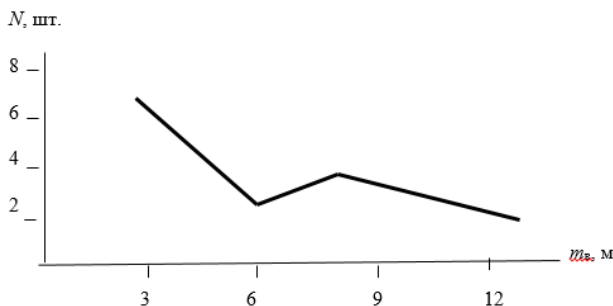


Рисунок 1 - Гистограмма распределения потока обрушений ( $N$ , шт.) в зависимости от мощности выработки ( $m_{в}$ , м)

Так на рисунке 1 представлена гистограмма распределения потока обрушений в зависимости от мощности выработки. Полученная кривая имеет два неравнозначных максимума, что означает присутствие 2<sup>х</sup> причинно-следственных источников их появления. Первый максимум

зафиксирован для мощностей выработки, для которых характерный размер находится в пределах 3,5-5 м, а второй характерен для размеров, вдвое больших предыдущего.

Предполагая причину возникновения динамической неравновесности в поверхностном слое литосферы взаимосвязанной с условиями равновесия планетного масштаба, воспользуемся соотношением, устанавливающим связь между размером (R) и периодом (T) устойчивости основного состояния (третий закон Кеплера):

$$R^3 / T^2 = K = 3,36 \times 10^{-18} \text{ м}^3/\text{с}^2,$$

здесь K – постоянная, одинаковая для всех тел Солнечной системы.

Если известно, что со времени начала разработки Джезказганского месторождения прошло уже 70 лет (T), то можно определить радиус сферы R, которая характеризует критический размер неоднородности (R), готовой перейти в новое состояние. Так для периода T=70 лет получаем масштаб  $R_{кр.} = 2,53$  м, т.е. объемы с радиусом 2,53 м или диаметром более 5 метров должны находиться в состоянии максимальной активизации. В отчете имеется ссылка на «отдельные породы мощностью до 5 м». Этот же масштаб присутствует в виде максимума на рисунке 1. Такое совпадение случайным быть не может, а может свидетельствовать о том, что размах человеческой деятельности достиг уровня изменения планетного равновесия. В отчете отмечается, что первый очаг массового обрушения приходится на 1957 г., здесь расчет дает для T=30 годам разработки,  $R_{кр.} = 1,45$  м. или  $d \sim 3$  м. Приведенная гистограмма отражает характер постепенности нарастания потока обрушений с критическим масштабом или кратным ему значением R.

Глубина горизонта (рисунок 2) также имеет большое значение для возникновения потока обрушений, но здесь на гистограмме всего один максимум, что означает единственную причину обрушений, определить которую по третьему закону Кеплера не удастся. Здесь критическим масштабом является глубина  $H = 260-270$  м, для которой период устойчивости T определяется миллионами лет, поэтому на нашем уровне знания анализу не поддается. Однако можно решить обратную задачу: раз статистика указывает этот масштаб, то должна быть причина, его обуславливающая.

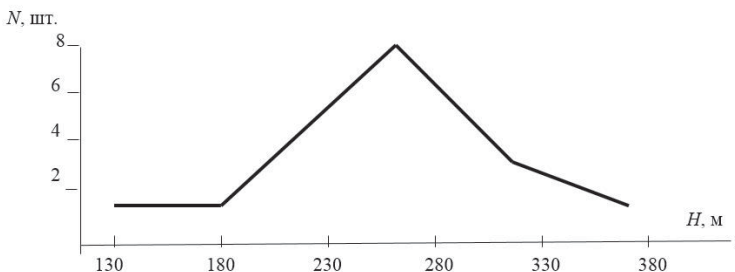


Рисунок 2 - Гистограмма распределения потока обрушений ( $N$ , шт.) в зависимости от глубины горизонта ( $H$ , м)

В отчете указывается, что основной породой целиков и налегающей толщи является красный песчаник, т.е. кварцсодержащий минерал, который как известно, обладает пьезоэлектрической активностью. Проанализируем его реакцию на электромагнитные и механические колебания, используя известное соотношение:

$$v = u / \lambda,$$

здесь  $v$  - частота колебаний,  $u$  - скорость переменного воздействия,  $\lambda$  - длина волны.

Принимая  $\lambda = \frac{1}{2} H$ , это условие для возникновения резонансных взаимодействий, получим:

- для электромагнитных волн  $v_{\text{эм.}} = 3 \times 10^8 / 135 = 2,2 \times 10^6$  Гц это диапазон, характерный для ультразвука, его используют при дроблении твердых пород;

- для механических продольных волн (кварц имеет  $V = 5000$  м/с, а песчаники  $< 1000$  м/с):

$v_{\text{мех.}} \approx 5000/135 = 37$  Гц или  $v = 1000/135 = 7,4$  Гц - это диапазон частот инфразвука и близкий к промышленной частоте (50 Гц), кроме того, этот же диапазон характерен для разрядки сейсмических напряжений при землетрясениях.

Собственная частота неоднородности  $f_c$  с таким размером по Протодеяконову М.М. равна:

$f_c = 1/2L \sqrt{V_{\text{зв}}}$ , тогда:  $f_c = (1/540) \sqrt{5000} = 0,13$  Гц,  $T = 7,7$  сек. для кварца или  $(1/540) \sqrt{1000} = 0,058$  Гц;  $T = 17$  сек. для песчаника.

Этот диапазон отклика среды на действие промышленных взрывов, фиксируемый на осциллограммах с помощью тензометрических датчиков.

Влияние масштаба пород междупластия отражено на гистограмме рисунка 3.



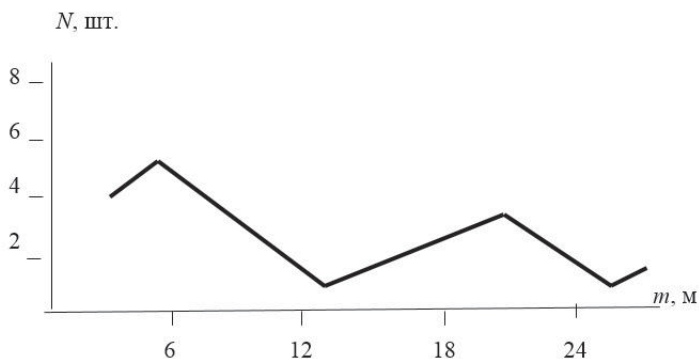


Рисунок 3 - Гистограмма распределения потока обрушений ( $N$ , шт.) в зависимости от мощности пород междупластья ( $m$ , м)

Здесь видны две точки перегиба, что указывает на разные механизмы возникновения потока обрушений.

Для первого максимума с масштабами 4-5 и 6-10 м справедливы соотношения, использованные для анализа вида равновесия гистограммы рис. 7.3, т.е. определенные по третьему закону Кеплера.

А для масштабов 20-22 и  $> 40$  м применимы соотношения, использованные для анализа гистограммы рисунка 2.

Таблица 1 дает представление о спектре и параметрах процессов преобразования поступающей извне энергии.

Глубина, на которой зафиксировано обрушение, также не является случайным процессом. Статистический анализ, представленный на гистограмме рисунка 4, показывает три точки перегиба: вблизи 100 м (представительность выборки 246 событий), 210 м (185 – событий) и 340 м (325 событий).

Таблица 1 – Спектральный состав отклика на внешнее воздействие кварцсодержащих пород между пласты  $h = 20$  м

| Вид воздействия                                                                                         | Частота отклика, Гц      | Процессы, протекающие с частотой отклика                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|
| электромагнитные волны<br>$\lambda_{рез.} = \frac{1}{2} h = 20$ м                                       | $3 \times 10^7 = 30$ мГц | Ультразвуковое дробление                                  |
| механические волны<br>$\lambda_p = \frac{1}{2} h$ для кварца, $\lambda_p = \frac{1}{2} h$ для песчаника | 500 Гц<br>100 Гц         | Моды промышленной энергосети, громовые раскаты, транспорт |
| Собственные колебания по Протодьяконову М.М.<br>$L = h$ , для кварца<br>для песчаника                   | 1,76<br>0,79             | взрывы, землетрясения<br>-/-/-                            |

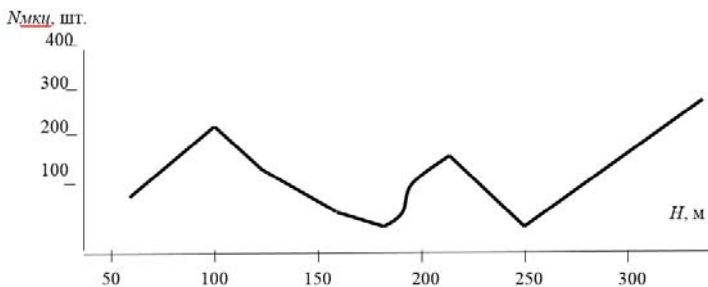


Рисунок 4 - Гистограмма распределения потока обрушений (количество разрушенных МКЦ) в зависимости от глубины горизонта (H, м)

В причинной цепочке должны участвовать почти равноправно три разных механизма взаимодействия, определить которые можно с помощью расшифровки записей на соответствующих осциллограммах, дающих представление о конкретной геомеханической ситуации на разрабатываемом месторождении.

В качестве примера можно показать одну из схем анализа геомеханического состояния разрабатываемого горного массива. Так в отчете указано, что «разрушение междукammerных целиков происходит отдельными участками с интервалами времени 55-200 дней».

Для известной периодичности T определяем размер элементов структуры R, находящихся в напряженном состоянии по третьему закону Кеплера:

$$\text{для } T = 55 \text{ дней, } R = 4,23 \times 10^{-2} \text{ м} = 4 \text{ см.}$$

Отсюда, принимая  $R = \lambda$ , по известному соотношению, получим частоту отклика на внешнее воздействие:

для электромагнитных волн  $\omega_{\text{эм.}} = 3 \times 10^8 / (4,23 \times 10^{-2}) = 7 \times 10^9$  Гц, полученный диапазон частот соответствует диапазону процессов СВЧ-разогрева;

для механических (звуковых) волн красных песчаников Джезказгана  $\omega_{\text{мех.}} = 500 / (4,23 \times 10^{-2}) = 11820$  Гц  $\sim 12$  кГц, такой диапазон частот имеют ультразвуковые процессы, используемые для дробления компонентов горных пород;

для собственных колебаний таких элементов структуры, соотношение Протоdjeяконова М.М. дает величину  $\sqrt{500 / (2 \times 4,23 \times 10^{-2})} = 264$  Гц этот диапазон частот характерен для 5 гармоник промышленной частоты современной энергосети, а также для процессов

акустической эмиссии образцов горных пород, находящихся в напряженном состоянии.

Для периодичности обрушений  $T = 200$  дней, размер активных элементов структуры  $R = 0,1$  м. Порядок определения преобладающего процесса так же, как в предыдущем случае.

Отсюда следует, что каждый отклик имеет свой конкретный диапазон преобразования поступающей энергии из внешней среды и его можно регистрировать во всех указанных диапазонах для целей предсказания состояния каждого компонента горных пород разрабатываемого месторождения.

Выводы:

1. Статистический анализ результатов обработки отчета, по теме 1.1.2.1 показал, что поток обрушений имеет несколько причин для его возникновения, определяемых по виду гистограмм распределения потока обрушений от масштабных особенностей разрабатываемого Джезказганского месторождения:

- появление дополнительных степеней свободы нарушенного массива в связи с определенным сроком от начала выработки (обычно больше 10 лет);
- внешние воздействия техногенного происхождения.

2. Гистограмма распределения потока обрушений в зависимости от мощности выработки, максимум которой находится в пределах 3,5 – 5 м, показывает хорошую сходимость с теоретическими расчетами, выполненными с использованием третьего закона Кеплера.

3. Анализ причинно-следственных связей возникновения потока обрушений в зависимости от глубины горизонта, мощности пород междупласти и глубины, на которой зафиксировано обрушение, показал зависимость его от причин техногенного происхождения, что позволяет прогнозировать сроки устойчивости при возникновении напряженного состояния пород при разработке месторождения.

### Литература

1. Чабдарова Ю.И., Жужгов Ю.В., Букин А.Н. Горное давление в антиклинальных структурах Джезказгана. Алма – Ата: «наука» КазССР, 1980. ~с.195.
2. Геомеханическое обеспечение отработки маломощных залежей Жезказганского месторождения: монография / Чабдарова Ю.И., Нугманов К.Х., Шамганова Л.С., Алипбергенов М.К., Волков А.П., Джапаев С.К. и др./ Алматы: ИГД им. Д.А. Кунаева Филиал РГП «НЦ КПМС РК», 2015. 170 с.

### References

1. Chubarova Y. I., Zhuzhgov Y. V., Bukin A. N. Mountain pressure in anticline structures of Dzhezkazgan. Alma-ATA: "science" of the Kazakh SSR, 1980. ~S. 195.
2. Geomechanical testing of low-power deposits of the Zhezkazgan field: monograph / Chubarova Y. I., Nugmanov, K. H., Shamanova L. S., Alipbergenov M. K.,

ӘОЖ 622

### **Резюме**

*Метакса Г.П.  
(ИГД им. Д.А. Кунаева, г Алматы)*

*Геомеханикалық теориялық қатынасты практикалық қолдану*

*Результаты анализа по материалам отчета 1.1.2.1 «Прогноз и управление геомеханическими процессами в породном и приконтурных массивах при добыче твердых полезных ископаемых» - Джезказганское месторождение 1995г.*

*Ключевые слова: Жезказганское месторождение, геомеханика, минералы, гистограмма, статистический анализ.*

UDK 622

### **Summary**

*Metaksa G. P.  
(IGD them. D. A. Kunaev, Almaty)*

*The practical use of the geo-mechanical theoretical correlations*

*The results of the analysis on content of report 1.1.2.1 "Prognosis and management of geomechanical processes in the rock and marginal rock massifs during mining of solid minerals" - Dzhezkazgan mine 1995.*

*Key words: Dzhezkazgan Deposit, geomechanics, minerals, histogram, statistical analysis.*

**Бекбергенов Д.К., Джангулова Г.К.**  
(ИГД им. Д.А.Кунаева, г. Алматы,)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ДНИЩА БЛОКА ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ШАХТ**

*В статье приведены результаты исследований практического применения искусственного днища блока на подземных рудниках, где предлагается новый вариант технологической схемы искусственного днища блока с устойчивоопорной железобетонной платформой на горизонте выпуска и доставки руды системой с самообрушением руды при отработке запасов на больших глубинах. Конструктивные элементы предлагаемого днища блока выдерживают экстремально высокое горное давление в глубоких горизонтах шахт мощных рудных залежей при очистной выемке с применением системы с самообрушением в условиях с неустойчивыми рудами и вмещающими породами, склонных к самообрушению.*

*Ключевые слова:* массив горных пород, система разработки, горизонт выпуска, искусственное днище блока, моделирование

Процесс освоения технологии с самообрушением руды и полученный при этом опыт показали, что наиболее уязвимым узлом во всей конструкции очистного блока является днище с его системой горных выработок для выпуска и доставки самообрушенного полезного ископаемого. Одновременно с выработками днища подвергаются деформации подготовительные выработки, попадающие в зону действия опорного давления. В силу указанных причин все горные выработки при системе разработки с самообрушением руды, как видно из опыта работы шахт ДонГОКа, не выдерживают проектных сроков эксплуатации [1-3].

Из всего отмеченного становится очевидным, что при выборе и обосновании технологических схем разработки хромитов на Донском ГОКе и, в частности, на шахте «ДНК», одним из определяющих факторов является максимальная сохранность выпускных горных выработок, особо в условиях перехода и последующих работ на глубоких горизонтах. Наряду с совершенствованием технологии их крепления эффективными способами повышения устойчивости горных сооружений является оптимизация схем подготовки горизонтов и нарезки очистных панелей и блоков, при одновременном максимально допустимом снижении как протяженности выработок, так и их сечений. Тем самым снижается изрезанность массива, в первую очередь днища блока, повышается его устойчивость, снижаются затраты как капитальные, так и эксплуатационные.

По данным вопросам в институте горного дела им. Д.А. Кунаева в течение ряда лет проводились исследования по изучению устойчивости

и совершенствованию конструкции днища блока применительно к условиям разработки месторождений хромитовых руд Южного Кемпирсая [2-4].

Наряду с исследовательскими институтами СНГ, также Казгипроцветметом предложен способ возведения днища блока в бетонном массиве (ИД), создаваемый после отработки рудных слоев в нижней части выпускного горизонта заполнением закладкой и созданием искусственных выпускных выработок для выпуска самообрушенного массива из блока осуществляемой системой этажного самообрушения при отработке запасов II очереди в шахте «ДНК». [5].

Процесс обрушения горизонта выпуска и транспортной выработки во многом развивается согласно спрогнозированным в работе [6] геомеханическим построениям, поэтому в качестве окончательной, рабочей, геомеханической модели нами принято решение использовать аналитический аппарат для анализа закономерностей формирования напряженно-деформированного состояния и разрушения крепи в районе обрушенных залежей на примере донских хромитов.

Для подтверждения аналитических расчетов и подтверждения правильности выбранной схемы было произведено численное моделирование части объема отработки методом конечных элементов.

В расчетной конечно-элементной модели могут быть заданы различные модули упругости для этапов нагружения и разгрузки.

Горные породы обладают различным сцеплением и углом внутреннего трения в зависимости от своего типа. Данные величины используются в уравнении сдвиговой прочности. Породы (массив), в отличие от других конструкционных материалов обладают очень малым сопротивлением растяжению, и в большинстве случаев, разрушение пород происходит в результате сдвига. Когда к основанию пород приложена внешняя сила или собственный вес, в массиве возникают касательные напряжения. Деформации пород возрастают по мере роста напряжений, в итоге формируется поверхность сдвига и происходит сдвиговое разрушение. Сопротивление горной породы сдвигу состоит из двух компонент: сцепления и угла внутреннего трения.

Был проведен расчет выработки горизонта выпуска днища блока. Расчет проводился на программном комплексе (ПК) Lira soft основанном на численном методе расчетов конечными элементами. Расчетная схема представляет собой плоскую конечно- элементную модель, размеры которой представлены на рисунке 1.

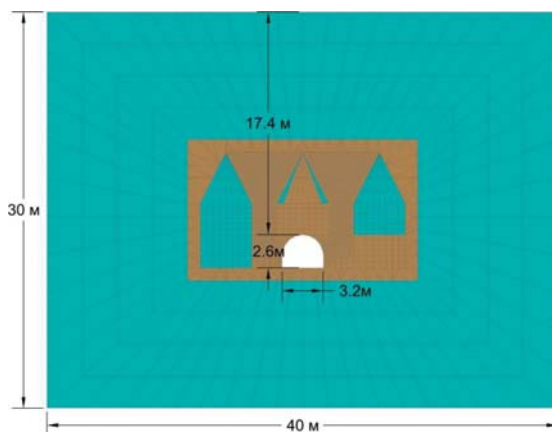
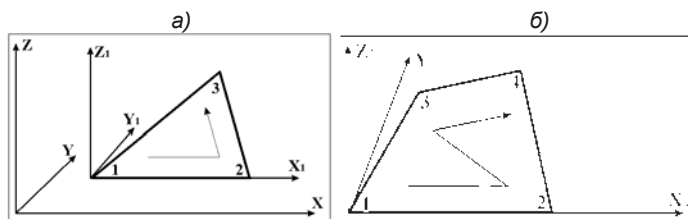


Рисунок 1 – Расчетная схема для выработки горизонта выпуска днища блока

Исходные данные для расчета представлены в виде физико-механических свойств руды, которая применялась в качестве материала и жесткости в ПК Lira soft по данным ВАОГЕМа [7].

Нагрузка согласно физико-механическим данным ВАОГЕМа. Нагрузка на выработку на глубине  $H=560\text{м}$  от поверхности при удельном весе  $\gamma=3.6\text{т/м}^3$ .

Расчет был произведен в нелинейной постановке задачи с учетом построения физически нелинейных конечных элементов (КЭ) представленных в библиотеке конечных элементов. На рисунке 2 представлены схематические изображения КЭ и последовательность нумерации их узлов [8]



Рисунки 2 – Схематическое изображение физически нелинейных конечных элементов а) КЭ 282 б) 284 в Lira soft

При моделировании нелинейного нагружения должно быть задано большое количество итераций. По умолчанию принимается — 500. Прочая информация здесь задается как обычно.

Каждый узел конечного элемента имеет следующие степени свободы:

U — линейное перемещение по оси X1;

W — линейное перемещение по оси Z1.

Может быть представлен как в виде физически нелинейного треугольного КЭ 282 плоской задачи (грунт) (рисунок 2 а), так и в виде физически нелинейного универсального прямоугольного КЭ 284 плоской задачи (грунт) (рисунок 2 б).

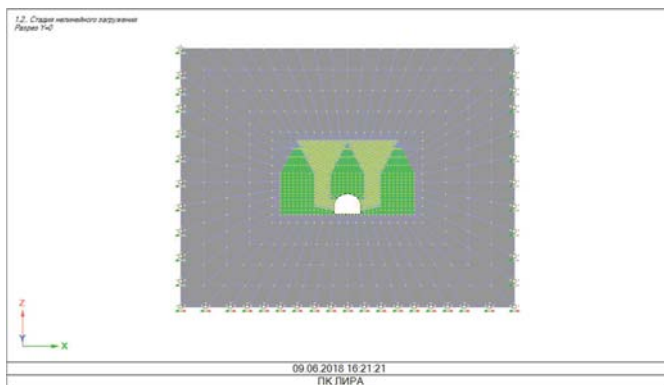


Рисунок 3 – Конечно элементная схема выработки горизонта выпуска днища блока

На рисунке 3 представлена расчетная схема выработки горизонта выпуска днища блока в ПК Lira soft. Геометрические характеристики металлических крепей типа СВП-27, представлены в данном расчете в виде тройного прикрепления. Геометрические характеристики крепи тройного перекрепления представлены в виде стальных горячекатаных уголков 4-х 250х250х30 по ГОСТ 8509-86. По своим прочностным характеристикам принятое сечение креплений соответствует прочностным свойствам металлического тройного крепления СВП-27.



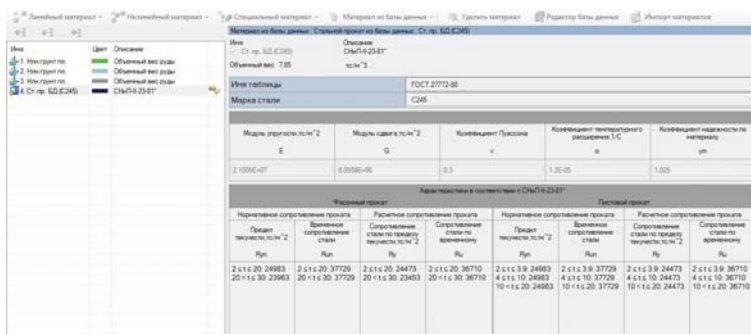


Рисунок 4 – Ввод исходных данных в ПК Lira soft

Результаты перемещений узлов контура выработки представлены в таблице 1, где горизонтальные перемещения представлены по направлению вдоль оси X, а вертикальные перемещения по направлению вдоль оси Z. При этом результирующими значениями перемещений узлов контура выработки является вертикальное по оси Z.

Таблица 1 –Фрагмент результатов перемещения узлов выработки

| Но мер     | Переме-<br>щение X<br>(мм) | Переме-<br>щение Z<br>(мм) | Переме-<br>щение<br>uY<br>(рад*1e-<br>3) | Загру-<br>жени<br>е | Подзагру-<br>жение | Составля-<br>ющая | Коммент-<br>арий |
|------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| 765        | 1.6524                     | <b>-428.44</b>             | -5.2185                                  | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 766        | -0.10639                   | <b>-430.05</b>             | -2.0304                                  | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 767        | 165.33                     | <b>-395</b>                |                                          | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 768        | -0.50948                   | <b>-431.7</b>              | 0.36877                                  | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 770        | -0.30992                   | <b>-432.6</b>              | 1.6147                                   | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| <b>788</b> | <b>1758.7</b>              | <b>-751.13</b>             |                                          | <b>1</b>            | <b>2</b>           | <b>1</b>          | <b>1</b>         |
| 793        | 0.42497                    | <b>-434.84</b>             | 3.3978                                   | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 809        | 1.235                      | <b>-425.93</b>             | -6.8118                                  | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 818        | 1.0855                     | <b>-437.21</b>             | 3.6136                                   | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 838        | 0.82517                    | <b>-423.32</b>             | -5.9015                                  | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 849        | 0.90469                    | <b>-439.27</b>             | 2.2662                                   | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 860        | 0.41893                    | <b>-421.43</b>             | -3.3534                                  | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 876        | -<br>1.6652E-<br>07        | <b>-420.74</b>             | 9.8172E-<br>08                           | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 877        | 1.1021E-<br>07             | <b>-440.09</b>             | 1.0047E-<br>07                           | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 903        | -0.41893                   | <b>-421.43</b>             | 3.3534                                   | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 914        | -0.90469                   | <b>-439.27</b>             | -2.2662                                  | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 925        | -0.82517                   | <b>-423.32</b>             | 5.9015                                   | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 945        | -1.0855                    | <b>-437.21</b>             | -3.6136                                  | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |
| 953        | -1.235                     | <b>-425.93</b>             | 6.8118                                   | 1                   | 2                  | 1                 | 1                |

| Но<br>мер  | Пере<br>мещение X<br>(мм) | Пере<br>мещение Z<br>(мм) | Пере<br>мещение<br>uY<br>(рад*1e-<br>3) | Загру<br>жен<br>и<br>е | Подзагру<br>жение | Составля<br>ющая | Коммент<br>арий |
|------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|------------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 970        | -0.42497                  | <b>-434.84</b>            | -3.3978                                 | 1                      | 2                 | 1                | 1               |
| <b>975</b> | <b>-1758.7</b>            | <b>-751.13</b>            |                                         | <b>1</b>               | <b>2</b>          | <b>1</b>         | <b>1</b>        |
| 993        | 0.30992                   | <b>-432.6</b>             | -1.6147                                 | 1                      | 2                 | 1                | 1               |
| 995        | -1.6524                   | <b>-428.44</b>            | 5.2185                                  | 1                      | 2                 | 1                | 1               |
| 996        | 0.10639                   | <b>-430.05</b>            | 2.0304                                  | 1                      | 2                 | 1                | 1               |
| 997        | -165.33                   | <b>-395</b>               |                                         | 1                      | 2                 | 1                | 1               |
| 998        | 0.50948                   | <b>-431.7</b>             | -0.36877                                | 1                      | 2                 | 1                | 1               |

Из таблицы следует отметить, что узлы под номерами 788 и 975 (соответственно левого и правого боков) штрека скреперования днища очистного блока имеют наибольшие перемещения более 75 см, которые приводят к разрешению крепи и дальнейшему обрушению массива.

Исходя из вышеизложенного можно утверждать, что искусственное днище блока с устойчивоопорной железобетонной платформой обеспечит безопасное и устойчивое развитие добычи руд в сложных горнотехнических условиях на глубоких горизонтах шахт донских хромитов в процессе планомерного выпуска по технологии с самообрушением руды.

## Литература

1 Zharebko L., Shamganova L., Jangulova G., Kassymkanova Kh., Bektur B. Specific character of Donskoy chromites development in complex mining and geological conditions. 16th International multidisciplinary scientific geoconference. Exploration and mining. Mineral processing. Sgem 2016. 30 June - 6 July, 2016. Albena, Bulgaria. p775-780

2 Бекберенов Д.К., Джангулова Г.К., Кабдешев А.Н., Токтаров А.А. Геомеханическая сущность и технологические особенности применения технологии с самообрушением руды в глубинных горизонтах рудника «ДНК» ДонГОКа / Международная научно-техническая конференция «Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли». 27-29 ноября 2014 г. Ташкент. – С. 112-116

3 Изучение инженерно-геологических условий разработки южной части месторождения хромитовых руд «Алмаз-Жемчужина». Отчет о научно-исследовательской работе. ВИОГЕМ, Белгород, 1979 г.

4 Изучение инженерно-геологических особенностей разработки глубинных частей поля шахты «Центральная» Донского ГОКа. Отчет о научно-исследовательской работе. ВИОГЕМ, Белгород, 1979.

5 Разработка и внедрение мероприятий для совершенствования технологии горных работ на шахтах «Молодежная», «Центральная» и «Глубокая» Донского ГОКа на основе инженерно-геологического районирования с учетом строения и вторичных изменений пород. Отчет о научно-исследовательской работе. ВИОГЕМ, Белгород, 1990.

6 Отчет о НИР «Теоретические основы управления геомеханическим состоянием массива при формировании горных конструкций и прогноз его изменения под давлением горных работ» (заключительный). Руководитель задания, д.т.н. Л.С. Шамганова, ИГД им. Д.А. Кунаева. Алматы 2011,- С.-30-35

7 Инженерно-геологический регламент на проходку клетьевого ствола шахты «Центральная» Дон ГОКа в отметках –384,5-428,5 м. ВИОГЕМ, Белгород,1988. – 23 с

8 Амусин Б.З., Фадеев А.Б. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики. - М.: Недра, 1975. - 144 с.

## References

1 Zharebko L., Shamganova L., Jangulova G., Kassymkanova Kh., Bektur B. Specific character of Donskoy chromites development in complex mining and geological conditions. 16th International multidisciplinary scientific geoconference. Exploration and mining. Mineral processing. Sgem 2016. 30 June - 6 July, 2016. Albena, Bulgaria. p775-780

2 Bekberenov D.K., Dzhangulova G.K., Kabdeshev A.N., Toktarov A.A. Geomekhanicheskaya sushchnost' i tekhnologicheskiye osobennosti primeneniya tekhnologii s samoobrusheniye rudy v glubinnnykh gorizontakh rudnika «DNK» DonGOKa / Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Problemy i puti innovatsionnogo razvitiya gorno-metallurgicheskoy otrasli». 27-29 noyabrya 2014 g. Tashkent. – S. 112-116

3 Izucheniye inzhenerno-geologicheskikh usloviy razrabotki yuzhnoy chasti mestorozhdeniya khromitovykh rud «Almaz-Zhemchuzhina». Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote. VIOGEM, Belgorod, 1979 g.

4 Izucheniye inzhenerno-geologicheskikh osobennostey razrabotki glubinnnykh chastey polya shakhty «Tsentral'naya» Donskogo GOKa. Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote. VIOGEM, Belgorod, 1979.

5 Razrabotka i vnedreniye meropriyatiy dlya sovershenstvovaniya tekhnologii gornyykh rabot na shakhtakh «Molodezhnaya», «Tsentral'naya» i «Glubokaya» Donskogo GOKa na osnove inzhenerno-geologicheskogo rayonirovaniya s uchetom stroyeniya i vtorichnykh izmeneniy porod. Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote. VIOGEM, Belgorod, 1990.

6 Otchet o NIR «Teoreticheskiye osnovy upravlenii geomekhanicheskim sostoyaniyem massiva pri formirovani gornyykh konstruksiy i prognoz yego izmeneniya pod davleniyem gornyykh rabot» (zaklyuchitel'nyy). Rukovoditel' zadaniya, d.t.n. L.S. Shamganova, IGD im. D.A. Kunayeva. Almaty 2011,- S.-30-35

7 Inzhenerno-geologicheskii reglament na prokhodku klet'yevogo stvola shakhty «Tsentral'naya» Don GOKa v otmetkakh –384,5-428,5 m. VIOGEM, Belgorod,1988. – 23 s

8 Amusin B.Z., Fadeyev A.B. Metod konechnyykh elementov pri reshenii zadach gornoy geomekhaniki. - M.: Nedra, 1975. - 144 s.

### **Резюме**

Бекбергенов Д.К<sup>1</sup>., Джангулова Г.К<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>ИГД им. Д.А.Кунаева, г. Алматы,)

*Шахталардың терең горизонттарында шоғырларды игеру кезінде блоктың жасанды түптерінің құрылымын модельдеу*

Мақалада жер асты кеніштерінде блоктың жасанды түптерін практикалық қолданудың зерттеу нәтижелері келтірілген, онда үлкен тереңдіктегі қорларды өңдеу кезінде кенді шығару және жеткізу горизонтында тұрақты тіректі темірбетон платформасы бар блоктың жасанды түптерінің технологиялық схемасының жаңа нұсқасы ұсынылады. Блоктың ұсынылған түбінің конструктивтік элементтері тұрақсыз кендері және өздігінен бұзылуға бейім жыныстары бар жағдайларда өздігінен бұзылатын жүйені қолдана отырып, тазалау қазу кезінде қуатты кен шоғырларының шахталарының терең горизонттарында өте жоғары тау қысымына төзеді.

Түйін сөздер: тау массиві, игеру жүйесі, тасымалдау горионты, жасанды блок, модельдеу

UDK 622.1: 622.271....

### **Summary**

Bekbergenov D. K1., Dangulov G. K1  
((1 of IGD. D. A. Kunaeva, Almaty,)

*Simulation design of an artificial bottom block in the development of reservoirs in deep horizons of mines*

The article presents the research results of practical application of artificial bottoms block in the underground mines, where a new variant of the technological scheme of artificial bottoms block *ustoichivomu* concrete platform on the horizon to the issuance and delivery of the ore system *Samoobrona* ore with ore at great depths. Constructive elements of the proposed bottom of the unit to withstand extremely high rock pressure in deep horizons of mines powerful ore deposits when cleaning the recess with the use of the system *Samoobrona* in conditions of unstable ores and host rocks, prone to *samoobrony*.

Keywords: rock mass, development system, production horizon, artificial block bottom, modeling

**Бердинова Н. О.**

(Институт горного дела им. Д. А. Кунаева, Алматы, Казахстан)

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ  
БОРТОВ ЮЖНО-САРБАЙСКОГО КАРЬЕРА**

*Аннотация: В статье приведен анализ факторов, определяющих устойчивость бортов Южно-Сарбайского карьера при его отработке с отметкой дна минус 400 м. При отработке запасов на всех бортах карьера необходимо учитывать наличие обводненной толщи рыхлых пород. Неблагоприятными для устойчивости являются горизонты, расположенные в зоне границы меловых песков и коры выветривания палеозойских пород. При углубке карьера главным фактором, определяющим его безопасную эксплуатацию, становятся структурные неоднородности, в первую очередь разрывная тектоника и трещиноватость с опасным для карьера залеганием.*

*Ключевые слова:* устойчивость, физико-механические свойства обводненность, трещиноватость, напряженно-деформированное состояние

Эксплуатация Южно-Сарбайского месторождения карьером начата в 2008 году. В настоящее время Южно-Сарбайский карьер углубился до отметки 120 м. В разработке находились горизонты 120 м, 134 м, 147 м, 160 м, 170 м и 180 м (все отрабатываемые горизонты в рыхлой толще). По земной поверхности карьер пока не достиг проектных контуров. Размеры карьера по поверхности составили- длина 2581 м и ширина 1421 м.

Извлекаемые запасы в текущем проекте оцениваются около 201,8 млн. т. руды со средним содержанием железа 42,73%.

По проекту АО «Гипроруда» запроектирована отработка до абсолютной отметки минус 400 м. Основное расширение Южно-Сарбайского карьера предполагается в западном и северном направлении.

План карьера на конец отработки с отметкой дна минус 400 м представлен на рисунке 1. Отметка дна карьера в южной части минус 400 м.

Углы наклона бортов карьеров по проекту с отметкой дна минус 400 м по Южно-Сарбайскому карьере получены от 40° до 55°. Углы наклона бортов карьеров увеличились по сравнению с проектом 2007 года с отметкой дна минус 340 м., где они составляли - 37° - 52°.

Южно-Сарбайское месторождение находится в таких же условиях разработки, что и действующий Сарбайский карьер. Основными факторами, определяющими горнотехнические условия эксплуатации Южно-Сарбайского карьера, будут:

1) При отработке приповерхностной части (до 250-300 м) - гидрогеологические условия и основные физико-механические свойства

пород. Негативные проблемы, связанные с ними, в большинстве своем решаемы (дренаж, водоотведение, укрепление рыхлых и слабосвязанных пород и т. п.). При разработке Сарбайского месторождения наблюдается большая водообильность. Практика отработки Сарбайского карьера показывает, что проведение мероприятий по осушению месторождения не гарантирует полностью защиту от негативных последствий воздействия этих факторов.

#### Южно-Сарбайский участок

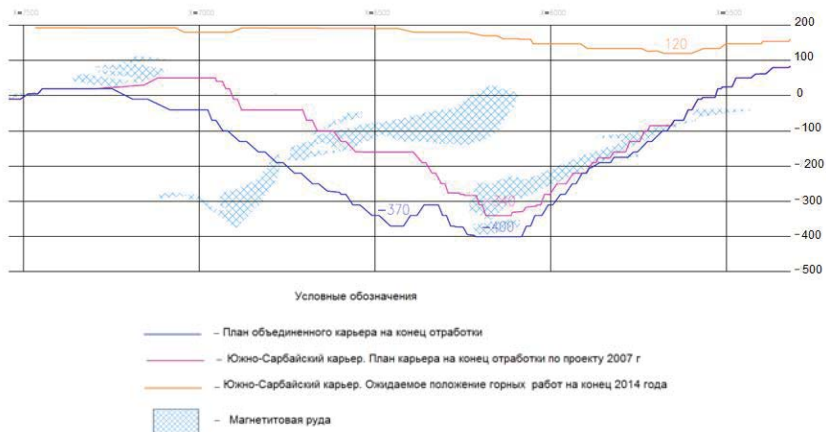


Рисунок 1 – План карьера на конец отработки (продольный разрез)

В верхней части разреза Южно-Сарбайского месторождения залегают слои слабых пылевато-глинистых грунтов. Толща слабых грунтов имеет большую мощность (от 92 м до 129,60 м) и повсеместное распространение, что определяет высокую степень сложности инженерно-геологических условий указанной территории. В пределах площади изучения вскрытого до отметки 120 м Восточного борта наблюдаются деформационные оплывания песчано-глинистой толщи, суффозии, вызванные в настоящее время прежде всего изменением гидрологических условий месторождения в отсутствие дренажа и воздействия атмосферных осадков.

Увеличение глубины карьера скажется незначительно на гидрогеологическом режиме, так как водопритоки за счет трещинных вод (в скальных породах) в разы меньше таковых за счет поверхностных вод и атмосферных осадков.

2) Комплекс крепких и средней крепости палеозойских пород представлен эффузивными, метаморфическими и осадочно-вулканогенными породами (порфиритами, скарнами, туфами,

туффитами, известняками и рудами). Результаты лабораторных исследований прочностных свойств вмещающих пород скальной толщи Южно-Сарбайского месторождения показывают, что их можно отнести к трещиноватым породам, по прочности от средних до прочных (15,8 МПа- 139,6 МПа). Трещиноватость весьма неравномерная, от слабой до высокой. Высокой трещиноватости подвержены главным образом туффиты [1].

Значения большинства физико-механических свойств (пределы прочности, удельный и объемный вес, модули Юнга и Пуассона и др.) с глубиной имеют тенденцию к некоторому возрастанию и стабилизации. Соответственно, данный фактор становится более предсказуемым и управляемым.

На рисунке 2 приведены графики изменения значений коэффициента структурного ослабления  $\lambda$  от величины сцепления в образце  $C_0$  для Сарбайского и Южно-Сарбайского карьеров.

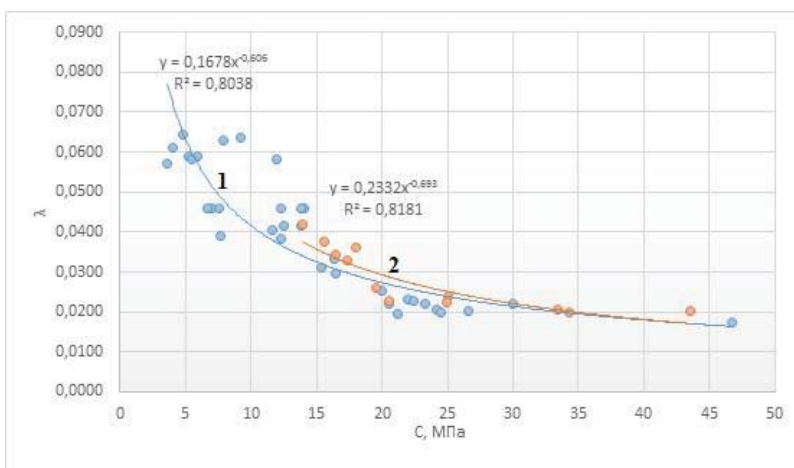


Рисунок 2 - Изменение значений коэффициента структурного ослабления  $\lambda$  от величины сцепления в образце  $C_0$  для Сарбайского(2) и Южно-Сарбайского(1) карьеров

3) Тектонические нарушения – складчатая структура месторождения осложнена значительным количеством разрывных нарушений (Рисунок 3, [2]). Кроме крупных разрывных нарушений на месторождении имеется большое количество более мелких разрывов. Все нарушения сопровождаются зонами дробления. Породы палеозойского комплекса до глубины 50-100 м и в тектонических зонах характеризуются выветрелостью, сильной трещиноватостью и раздробленностью.

Так лежащий бок Сарбайского карьера подвержен деформациям сдвига в связи с наличием готовых поверхностей скольжения (1 и 2 систем трещин, интенсивно проявляющихся в околорудных туфах, туффитах, имеющих падение в сторону карьера) [3]

Крупные плоскостные структурные неоднородности (разрывные нарушения, трещины, поверхности ослабления и т. п.) с глубиной увеличивают потенциальную опасность для устойчивости бортов и уступов карьера, так как резко увеличивают объемы возможных обрушений и деформаций и масштаб последствий от них. Крупные структурные неоднородности - первоочередные объекты для выявления, геометризации и комплексного исследования в ходе инженерно-геологических изысканий на всех стадиях изучения и эксплуатации месторождения.

4) Значимость факторов (напряженно- деформированного состояния и разрывной тектоники) для устойчивости глубоких карьеров возрастает. Напряженно-деформированное состояние породного массива Сарбайского месторождения относится к гравитационно-тектоническому типу. Тектоническая составляющая формирует главное сжимающее напряжение. Это явление характерно для всего Сарбайского месторождения и подтверждено результатами инструментальных измерений [1].

По результатам расчета напряженно-деформированного состояния прибортового массива установлено, что максимальные величины касательных напряжений фиксируются в нижней приконтурной части бортов карьера на расстоянии 100 –150 м от дна карьера. При этом максимум касательных напряжений, равный примерно 2 МПа, зафиксирован в обоих бортах карьера. Данные участки бортов карьера являются наиболее опасными с точки зрения обеспечения устойчивости откосов отдельных уступов.

5) Склонностью пород к выветриванию- на бортах Сарбайского карьера широко развиты такие геологические процессы, как эрозия, оползни, выветривание, осыпи и обвалы, бортовое выщелачивание. Эти процессы оказывают существенное влияние на устойчивость откосов нерабочих уступов. Заоткоска уступов в их предельном состоянии является первым условием обеспечения длительной устойчивости откосов и безопасной работы на больших глубинах.



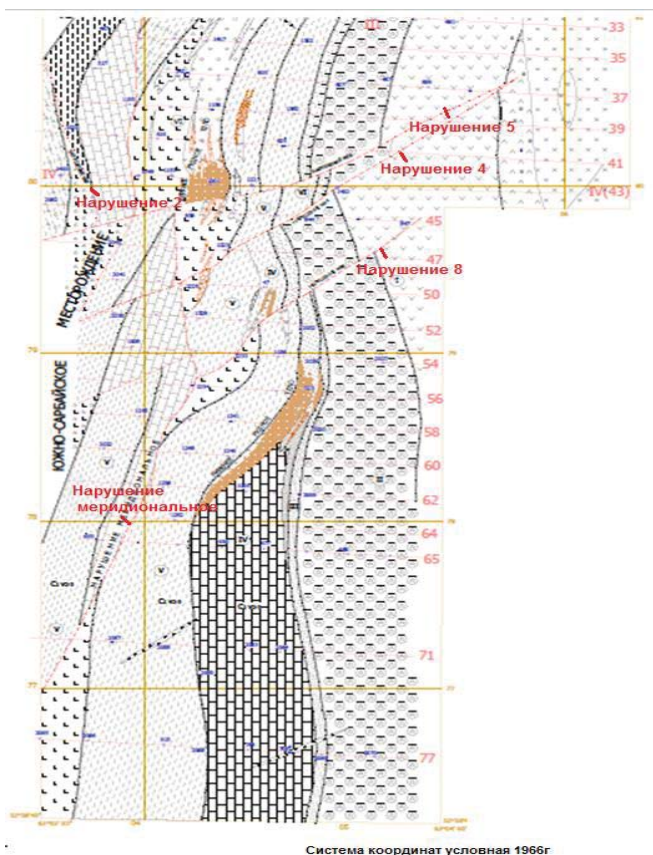


Рисунок 3– Геологическая карта Южно- Сарбайского участка

Коры выветривания палеозойских пород распространены на Сарбайском месторождении не повсеместно, их мощности меняются от одного до десятков метров, резко возрастают (до 150 м) в зонах разрывных нарушений. Кора выветривания обычно имеет глинистый состав. Низкая прочность выветрелых пород существенно снижает вероятность зависания подработанной толщи. Начиная с глубины 100-150 м от поверхности влияние фактора выветривания, как правило, не прослеживается.

Наиболее опасными горизонтами в вертикальном разрезе для Сарбайского карьера являются горизонты, расположенные в зоне границы меловых песков и коры выветривания палеозойских пород.

Южно-Сарбайское железорудное месторождение являясь участком единого Сарбайского месторождения относится к слоистым

месторождениям с четко выраженными и закономерно расположенными поверхностями ослабления большой протяженности в виде напластования, контактов слоев или сланцеватости. Массив горных пород имеет слоистую структуру. Мощность слоев достаточно большая. В большинстве пород имеется внутренняя слоистость.

Опасными для устойчивости бортов и уступов могут стать проявления изменений пород (резкая неоднородность свойств, скопления ориентированных слоистых минералов и т. п.), которые необходимо изучать и картировать на всех стадиях работ.

Таким образом, для разработки приповерхностной части месторождения наиболее важны следующие факторы гидрогеологический режим (поверхностные и подземные воды), тектонические поля напряжений, разрывная тектоника и степень выветривания массива горных пород. При углубке карьера главным фактором, определяющим его безопасную эксплуатацию, становятся структурные неоднородности, в первую очередь разрывная тектоника и трещиноватость с опасным для карьера залеганием. Уменьшается относительная доля гидрогеологического режима и физико-механических свойств.

Полученные результаты исследований использовались при составлении Технологического Регламента по устойчивости бортов Сарбайского и Южно-Сарбайского карьеров при их углубке.

### **Литература**

1. Проведение НИР по разработке рекомендаций по параметрам бортов и уступов Сарбайского и Южно-Сарбайского карьеров Сарбайского РУ АО «ССГПО», обеспечивающих их устойчивость и разработка Регламентов по устойчивости бортов и уступов Сарбайского, Южно-Сарбайского и объединенного Сарбайского и Южно-Сарбайского карьеров: отчет о НИР/ИГД им. Д. А. Кунаева: рук. Тулебаев К. К., г. Алматы, 2016 г.
2. Сводный отчет о детальной разведке по состоянию на 1 сентября 1967, г. Москва
3. Технологический регламент «Совместная (комбинированная) отработка месторождения открытым и подземным способом» для проекта «Строительство Сарбайского подземного рудника. Вскрытие и отработка подкарьерных запасов Сарбайского месторождения железных руд» : отчет о НИР/ ИГД УрО РАН: рук. Сашурин А.Д., Соколов И.В.,- Екатеринбург, 2012г. -202 с.

### **References**

1. Provedeniye NIR po razrabotke rekomendatsiy po parametram bortov i ustupov Sarbayskogo i Yuzhno-Sarbayskogo kar'yarov Sarbayskogo RU AO «SSGPO», obespechivayushchikh ikh ustoychivost' i razrabotka Reglamentov po ustoychivosti bortov i ustupov Sarbayskogo, Yuzhno-Sarbayskogo i ob'yedinonnogo Sarbayskogo i Yuzhno-Sarbayskogo kar'yarov: otchet o NIR/IGD im. D. A. Kunayeva: ruk. Tulebayev K. K., g. Almaty, 2016 g.

2. Svodnyy otchet o detal'noy razvedke po sostoyaniyu na 1 sentyabrya 1967, g. Moskva

3. Tekhnologicheskii reglament «Sovmestnaya (kombinirovannaya) otrabotka mestorozhdeniya otkrytym i podzemnym sposobom» dlya proyekta «Stroitel'stvo Sarbayskogo podzemnogo rudnika. Vskrytiye i otrabotka podkar'yernykh zapasov Sarbayskogo mestorozhdeniya zheleznnykh rud» : otchet o NIR/ IGD UrO RAN: ruk. Sashurin A.D., Sokolov I.V.,- Yekaterinburg, 2012g. -202 s.

ӨОЖ 622.272

### **Резюме**

*Бердинова Н.О.*

*(Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты Алматы қ.)*

*Сарбай оңтүстік кеңесінің басқарма тұрақтылығын анықтау факторларын талдау*

*Мақалада Оңтүстік Сарыбай карьерінің төменгі белгісі минус 400 м-мен өндірілген кезде оның тұрақтылығын анықтайтын факторлардың талдауы келтірілген, карьердің барлық жағында тау-кен қоры болған кезде борпылдақ жыныстардың суармалы қалыңдығының болуын ескеру қажет. Бор қабаты мен палеозой жыныстарының ауа райының шекаралас аймағында орналасқан көкжиектер тұрақтылыққа қолайсыз. Шұңқыр тереңдетілген кезде оның қауіпсіз жұмыс істеуін анықтайтын негізгі фактор - құрылымдық гетерогендік, ең алдымен, тоқтаусыз тектоника және шұңқырға қауіпті пайда болуымен сыну.*

*Түйенді сөздер: тұрақтылық, физикалық және механикалық қасиеттер, судың кесілуі, сыну, кернеудің күйі*

UDC 622.272

### **Summary**

*Berdinova N.O.*

*(Mining Institute named after D.A. Kunayev, Almaty)*

*Analysis of factors determining the stability of boards of the south sarbay career*

*The article provides an analysis of the factors determining the stability of the sides of the South Sarbaisky quarry when it is mined with a bottom mark of minus 400 m. When mining reserves on all sides of the quarry, it is necessary to take into account the presence of an irrigated thickness of loose rocks. Unfavorable for stability are horizons located in the zone of the boundary of the Cretaceous sand and the weathering crust of the Paleozoic rocks. When the pit is deepened, the main factor determining its safe operation is structural heterogeneity, first of all, discontinuous tectonics and fracturing with occurrence dangerous to the pit.*

*Keywords: stability, physical and mechanical properties, water cut, fracture, stress-strain state*

**Балтиева А.А.<sup>1</sup>, Шамганова Л.С.<sup>1</sup>, Раскалиев А.С.<sup>2</sup>,  
Мурзалиев А.Т.<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>ИГД им. Д.А. Кунаева, г. Алматы, <sup>2</sup>Институт космической техники и технологий, г. Алматы)

## **РАЗРАБОТКА ЕДИНОГО КООРДИНАТНО-ВРЕМЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКО - ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА КАЧАРСКОМ КАРЬЕРЕ**

*Аннотация. Успешное развитие спутниковых технологий позволило значительно ускорить процесс и качество выполнения геодезических работ во всем мире. Для этих целей были созданы сети постоянно действующих базовых станций высокоточного позиционирования. В настоящее время доступно около 20 000 базовых станций дифференциальной коррекции (CORS). В данной статье приведен опыт разработки системы высокоточного спутникового позиционирования на Качарском карьере.*

*Разработка базовой станции дифференциальной коррекции для промышленной эксплуатации на месторождении АО «ССГПО» выполняется совместно с Институтом космической техники и технологий. Проект финансируется Комитетом науки МОН РК по линии грантов на научно-технические проекты на 2018–2020 гг. и софинансируется частным партнером АО «ССГПО».*

*Ключевые слова: GNSS, базовая станция дифференциальной коррекции, маркшейдерско-геодезические работы, высокоточная система позиционирования, телекоммуникационные решения.*

**Введение.** В Казахстане в последнее десятилетие активно применяются продукты, разработанные иностранными компаниями, связанные с использованием спутниковых навигационных систем и их дополнений для решения различных задач по позиционированию и мониторингу объектов. Эти компании используют зарубежное программное обеспечение, встроенное в их навигационное оборудование, а в некоторых случаях они используют программное обеспечение с высокой иерархией. Поэтому данная работа направлена на развитие казахстанских проектов, связанных с математическим моделированием и программным развитием расширенных систем спутниковой навигации.

В Институте космической техники и технологии (ИКТТ) проводились работы по разработке математического программного и аппаратного обеспечения для наземного сегмента пользователей высокоточной спутниковой навигационной системы. В этой системе используются методы дифференциальной коррекции GPS. Метод дифференциальной коррекции основан на использовании различного рода поправок для

пользователя ГНСС, передаваемых через УКВ, сотовую и спутниковую связи [1].

На данном этапе совместного сотрудничества ИГД им. Д.А. Кунаева и ИКТТ ведется разработка постоянно действующей базовой станции дифференциальной коррекции (БСДК) на Качарском месторождении. Конечной целью работы является максимальная автоматизация полевых и камеральных маркшейдерско-геодезических работ, а также повышение точности и оперативности определения координат объектов в режимах постобработки и реального времени. Основная задача, возложенная на непрерывно действующую станцию - это сбор кодовых и фазовых данных по спутникам GPS/ГЛОНАСС и распределение этих данных службам АО «ССГПО» и специалистам подрядных организаций, выполняющих маркшейдерско-геодезические работы на месторождении [2].

**Общие сведения об объекте.** Качарское месторождение располагается в 55 километрах от города Костанай, на этом же расстоянии от него размещен город Рудный. Данное месторождение можно отнести к крупнейшим карьерам. Глубина карьера в настоящее время составляет около 500 м, а проектная – 764 м. Диаметр карьера по поверхности превышает 3600 м. На поверхности построено четыре отвала горной породы и проектируется пятый. Объем вынутой горной массы к концу разработки превысит 11 миллиардов м<sup>3</sup> [3].

На территории Качарского карьера существует местная геодезическая сеть (МГС). Для планово-высотного обоснования были выбраны 7 пунктов триангуляции и полигонометрии, координаты которых заданы в местной системе координат карьера и общеземной системе СК-42. Центры всех 7 пунктов находятся в удовлетворительном состоянии и могут быть использованы в качестве опорных точек для проведения спутниковых навигационных наблюдений. Следует отметить, что многие пункты местной геодезической сети утрачены в результате воровства, вандализма и хозяйственной деятельности [4].



Рисунок 1 – Снимок Качарского месторождения с Google Earth

**Организация БСДК.** Базовая станция дифференциальной коррекции состоит из навигационного и передающего модулей. Необходимость организации БСДК в виде двух удаленных модулей, навигационного и передающего, расположенных соответственно в зданиях Качарского рудоуправления и Диспетчерской, возникает по четырем причинам [4]:

- ✓ постоянные взрывные работы на Качарском карьере делают нежелательным расположение навигационного модуля БСДК вблизи бортов карьера, так как, из-за сильных колебаний почвы, это не гарантирует относительное постоянство координат фазового центра антенны ГНСС, закрепленной на геодезическом пункте опорной геодезической сети;

- ✓ для возможности проведения высокоточных спутниковых навигационных измерений в режиме RTK на бортах и дне карьера, необходимо обеспечить передачу дифференциальных поправок с помощью радиосигналов, излучаемых антеннами GSM и УКВ (ультракоротких волн), как можно с близкого расстояния от карьера. Для этой задачи лучше всего подходит антенная мачта Диспетчерской для размещения направленной антенны ультракоротких волн (УКВ), а значит, здание Диспетчерской является оптимальным местом для расположения остальных частей передающего модуля БСДК;

- ✓ здание Качарского рудоуправления соответствует требованиям сооружений, на которых разрешается размещать пункты спутниковой геодезической сети и постоянно действующие базовые станции дифференциальной коррекции;

- ✓ размещение приемника ГНСС навигационного модуля БСДК в помещении маркшейдерской службы, экономически целесообразно, так как это снизит расходы на администрирование, поддержание работоспособности и обеспечение защиты оборудования от воровства и вандализма; в этом же помещении предполагается в будущем разместить центр дифференциальной коррекции (ЦДК).

**Телекоммуникационные решения.** Создание коммуникационной сети должно обеспечить сбор «сырых» данных с базовой станции для выработки дифференциальной корректирующей информации и передавать дифференциальные поправки на мобильные приемники потребителей системы высокоточного позиционирования. Для этих целей были выбраны: радиомодем УКВ сигнала, три направленные УКВ антенны (одна из них будет подключена к модему УКВ, а остальные две будут подключены к ретранслятору УКВ) и одна круговая УКВ антенна. Данные решения были приняты опираясь на заданные требования частот, разрешенную мощность УКВ передатчика и ширину канала.

Исходя из экономической целесообразности, под эти требования было подобрано телекоммуникационное оборудование, приведённое ниже.

В качестве оборудования связи в базовых станциях используются радиомодемы, работающие в УКВ диапазоне. В разрабатываемой БСДК используется радиостанция Satelline-EASy Pro, т.к. она по своим характеристикам и техническим параметрам является наиболее подходящей для решения функциональных задач БСДК.

УКВ модем используется для подключения к базовой ГНСС станции через рабочую станцию с целью передачи подвижным приемникам корректирующей информации (поправок) при работе в режиме RTK.

Выбор направленной антенны осуществлен, исходя из заданных требований частоты, разрешенной ширины канала и экономической целесообразности. Антенна Y9 UHF(L), представленная на рисунке 2, включает в себя высокие требования к усилению при широкой полосе и механической надежности. Такая антенна обеспечит максимально возможную дальность при разрешенных мощностях передатчика за границей прямой видимости. Полимерное покрытие надежно защитит от действия агрессивных сред и обледенения [5].



Рисунок 2 - Антенна Y9 UHF(L)

Выбор круговой антенны осуществлен, исходя из заданных требований частоты, разрешенной ширины канала и необходимости покрыть большую площадь территории Качарского карьера корректирующим сигналом. Круговая антенна представляет собой коллинеарную конструкцию на 11-ти транспозиционных полуволновых элементах. Она позволяет создавать идеально круговую диаграмму направленности при высоком усилении (7,5 dBd) и широкой полосе рабочих частот. Радиопрозрачный погодозащитный чехол выполнен на основе стекловолоконного материала. Чехол имеет полированное покрытие, которое защищает от УФ излучения и обледенения. Антенна имеет грозозащиту и не нуждается в дополнительной настройке.

В качестве ретранслятора УКВ сигналов выбран аналогово-цифровой ретранслятор, со встроенным мини дуплексером и блоком питания, который обеспечивает выходную мощность до 25 Вт. Компактная и удобная конструкция объединяет приемо-передатчик,



дуплексер и блок питания в одном корпусе.

Для автоматизации передачи дифференциальных поправок через локальную сеть Качарского карьера используется такое сетевое оборудование, как сервера последовательных интерфейсов (СПИ) и маршрутизаторы.

**Заключение.** На современном этапе перед промышленностью Казахстана стоит важная задача в построении качественно новой высокоточной спутниковой геодезической сети с применением навигационных систем GPS и ГЛОНАСС. Рассмотренная в работе технология высокоточного спутникового позиционирования представляет для страны далеко идущую перспективу, так как производимая в конечном результате отечественная продукция (БС дифференциальной коррекции) позволит и дальше развивать собственную сеть референцных станций.

Большой опыт работ в данном направлении имеет Институт космической техники и технологий: созданы системы математического моделирования решения задачи дифференциальной коррекции, разрабатывается программно-математическое обеспечение решения задачи высокоточного позиционирования, выполнен ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, позволяющих решать вопросы проектирования и изготовления БСДК и мобильных приемников для системы высокоточного позиционирования [19]. При этом технология создания базовых станций и мобильных приемников практически полностью соответствует технологиям, используемым зарубежными фирмами.

## Литература

1. Almat Raskaliyev Development of High Precision Differential GPS System in Kazakhstan Indian Journal of Science and Technology, Vol 9(27), DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i27/97703, July 2016.
2. Кузьменко С. В., Шамганова Л. С., Ахмедов Д. Ш., Балтиева А. А. Информационно-навигационное обеспечение горных работ на карьерах Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного производственного объединения. Горный журнал, 2018, № 5, pp. 27-32, DOI: 10.17580/gzh.2018.05.11.
3. Качарский карьер АО «ССГПО». Разработка проектной документации на опорную геодезическую сеть и конструкцию геодезического пункта на Качарском месторождении, проектной документации на базовую станцию дифференциальной коррекции (БСДК). Промежуточный отчет о НИР (Этап 1) // ИГД им. Д.А. Кунаева/ИКТТ. Рук. Балтиева А.А.; – Алматы, 2018. – 102 с.
4. Учебные материалы онлайн (infostudwood.ru) © 2017 – 2019. URL: [https://studwood.ru/1670651/informatika/roektirovanie\\_sotovyyh\\_setey\\_svyazi](https://studwood.ru/1670651/informatika/roektirovanie_sotovyyh_setey_svyazi) (Дата обращения: 21.05.2019).
5. Веб-сайт ЗАО Вива-Телеком URL:<http://www.viva-telecom.ru/>(Дата обращения: 05.09.2019).
6. Ахмедов Д. Ш., Шабельников Е. А. Информационно-навигационное обеспечение маркшейдерских работ на основе использования технологий



спутниковой навигации // Наука и технологии: шаг в будущее: сб. тезисов V Всемирного конгресса инжиниринга и технологий – WCET-2012. – Алматы, 2012. С. 262–263.

## References

1. Almat Raskaliyev Development of High Precision Differential GPS System in Kazakhstan Indian Journal of Science and Technology, Vol 9(27), DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i27/97703, July 2016.
2. Kuz'menko S. V., Shamganova L. S., Akhmedov D. SH., Baltiyeva A. A. Informatsionno-navigatsionnoye obespecheniye gornyykh rabot na kar'yerakh Sokolovsko-Sarbaynskogo gorno-obogatitel'nogo proizvodstvennogo ob'yedineniya. Gornyy zhurnal, 2018, № 5, pp. 27-32, DOI: 10.17580/gzh.2018.05.11.
3. Kacharskiy kar'yer AO «SSGPO». Razrabotka proyektnoy dokumentatsii na opornuyu geodezicheskuyu set' i konstruksiyu geodezicheskogo punkta na Kacharskom mestorozhdenii, proyektnoy dokumentatsii na bazovuyu stantsiyu differentsial'noy korrektsii (BSDK). Promezhutochnyy otchet o NIR (Etap 1) // IGD im. D.A. Kunayeva/IKTT. Ruk. Baltiyeva A.A.;– Almaty, 2018. – 102 s.
4. Uchebnyye materialy onlayn (infostudwood.ru) © 2017 – 2019. URL: [https://studwood.ru/1670651/informatika/roektirovanie\\_sotovyyh\\_setey\\_svyazi](https://studwood.ru/1670651/informatika/roektirovanie_sotovyyh_setey_svyazi) (Data obrashcheniya: 21.05.2019).
5. Veb-sayt ZAO Viva-Telekom URL:<http://www.viva-telecom.ru/>(Data obrashcheniya: 05.09.2019).
6. Akhmedov D. SH., Shabel'nikov Ye. A. Informatsionno-navigatsionnoye obespecheniye marksheyderskikh rabot na osnove ispol'zovaniya tekhnologiy sputnikovoy navigatsii // Nauka i tekhnologii: shag v budushcheye: sb. tezisev V Vsemirnogo kongressa inzhiniringa i tekhnologiy – WCET-2012. – Almaty, 2012. С. 262–263.

ӨЖ 528.02, 629.783

## Резюме

*Балтиева А. А., Шамганова Л. С., Расскалиев А. С., Мурзалиев А. Т.  
(ИГД им. Д. А. Қонаев, Алматы қ., Ғарыштық техника және технологиялар институты, Алматы қ.)*

*Қашар қарьерінде маркшейдерлік-геодезиялық өлшемдерді бірыңғай  
координаттық-уақытша қамтамасыз етуді әзірлеу*

*Аңдатпа. Спутниктік технологиялардың табысты дамуы бүкіл әлемде геодезиялық жұмыстарды орындау процесі мен сапасын айтарлықтай жетілдіруге мүмкіндік берді. Осы мақсаттар үшін жоғары дәлдікті позициялаудың тұрақты жұмыс істейтін базалық станцияларының желілері құрылды. Қазіргі уақытта дифференциалды түзетудің 20 000 базалық станциясы (CORS) қолжетімді. Бұл мақалада Қашар қарьерінде жоғары дәлдікті спутниктік позициялау жүйесін әзірлеу тәжірибесі келтірілген.*

*"ССКӨБ" АҚ кен орнында өнеркәсіптік пайдалану үшін дифференциалды түзетудің базалық станциясын әзірлеу Ғарыштық техника және технологиялар институтымен бірлесіп орындалуда. Жобаны ҚР БҒМ Ғылым комитеті 2018-2020 жылдарға арналған ғылыми-техникалық жобаларға гранттар желісі бойынша қаржыландырады.*

Түйінді сөздер: GNSS, дифференциалды түзету базалық станциясы, маркшейдерлік-геодезиялық жұмыстар, жоғары дәлдікті позициялау жүйесі, телекоммуникациялық шешімдер

UDC 528.02, 629.783

### **Summary**

*Baltieva A. A., Shamgunov HP, Ryskaliev A. S., Murzaliev A. T.  
(Mining Institute named after D.A. Kunayev, Almaty, SLLP Institute of space  
technique and technology, Almaty)*

*Development of a single coordinate-time support surveying and geodetic  
measurements at kachar career*

*Annotation. The successful development of satellite technology has significantly accelerated the process and quality of geodetic work worldwide. For these purposes, networks of permanently operating base stations of high-precision positioning were created. Currently, approximately 20,000 differential correction base stations (CORS) are available. This article presents the experience of developing a high-precision satellite positioning system at the Kacharsky quarry.*

*The development of a differential correction base station for industrial operation at the SSGPO JSC deposit is carried out jointly with the Institute of Space Engineering and Technology. The project is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan through grants for scientific and technical projects for 2018–2020. and co-financed by a private partner of JSC SSGPO.*

*Keywords: GNSS, differential correction base station, surveying and geodetic works, high-precision positioning system, telecommunication solutions*

**Съедина С.А., Бердинова Н.О.**  
(Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, г. Алматы)

## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ**

*Аннотация. Увеличение углов наклона бортов ведет к существенному сокращению затрат за счет снижения объемов вскрышных работ, но требует организации системы контроля состояния бортов и уступов, а при необходимости применения различных специальных мероприятий по обеспечению их устойчивости, включая методы крепления, специальные методы ведения буровзрывных работ и др. Геомеханическое обеспечение устойчивости и безопасной отработки карьера при увеличении глубины требует комплексного подхода к изучению параметров, влияющих на устойчивость.*

*Ключевые слова: устойчивость, карьер, геомеханическая модель.*

При обосновании предельно допустимых параметров бортов и уступов глубоких карьеров необходим комплексный подход к анализу и обобщению данных инженерно-геологических исследований, включая исследования инженерно-геологических скважин с отбором ориентированного керна, документацию и прослеживание структурных неоднородностей, специальные гидрогеологические, геомеханические и физико-механические испытания массива пород (рисунок 1) [1-3].



**Рисунок 1 – Краткая блок-схема работ по обоснованию устойчивых параметров бортов и уступов глубоких карьеров**

На основе собранной информации строится трехмерная геомеханическая модель месторождения с высоким уровнем детальности, точности, информативности и достоверности данных о

инженерно-геологических, геомеханических и структурных параметрах во всём объёме массива пород, вовлечённого в процесс проектирования и отработки месторождения [4].

Геомеханические модели должны учитывать реальное напряженно-деформированное состояние, блочное строение и физические свойства массива скальных пород. На базе таких моделей, созданных на основе фактической информации о массиве возможно надежное геомеханическое обоснование рациональных с точки зрения устойчивости параметров горных выработок. Создание цифровой геомеханической модели включает в себя несколько основных этапов:

- проведение исследований для получения данных о свойствах и состоянии массива горных пород;
- математическое моделирование устойчивости бортов и уступов карьера, определение напряженно-деформированного состояния массива натурными и расчетными методами;
- построение и заполнение трехмерной геомеханической модели месторождения на основе геологической, структурной моделей и полученных данных по измерению параметров массива, обработки результатов инженерно-геологической документации, значениям физико-механических свойств горных пород, руды и т.д. [5].

Основными исходными данными для математических расчетов и заполнения модели являются физико-механические свойства руд и вмещающих пород. По результатам проведенных инженерно-геологических изысканий производится отбор образцов из всех литологических разностей каждой из скважин. При натурных измерениях определяются такие параметры как плотность ( $\gamma$ ), прочность при одноосном сжатии ( $\sigma_{сж}$ ), прочность на растяжение ( $\sigma_{р}$ ), модуль упругости ( $E$ ), коэффициент Пуассона ( $\mu$ ), сцепление в образце ( $C$ ), угол внутреннего трения ( $\phi$ ), скорость продольных и поперечных волн ( $V$ ) [6-8].

Трещиноватость массива скальных и полускальных пород является одним из основных факторов, которые необходимо учитывать при определении устойчивых параметров бортов и уступов карьера. Наличие в прибортовом массиве поверхностей ослабления в виде трещин резко снижает прочностные свойства скальных пород [9].

От положения поверхностей ослабления относительно откоса зависят вид и вероятность возникновения деформаций. Поэтому управление устойчивостью откосов в трещиноватых скальных массивах требует индивидуального решения для каждого конкретного случая [10].

Существующие методы изучения трещиноватости массива делятся на пять групп: непосредственные измерения на участках обнажений горных пород; изучение кернов геотехнических и геологоразведочных скважин; наблюдения за протеканием воды в горном массиве или сжатого

воздуха по трещинам при проведении специальных исследований; геофизические методы; методы, использующие ультразвук.

Наиболее полную характеристику трещиноватости можно получить при изучении естественных и искусственных обнажений горных пород, так как детальное изучение неблагоприятных для устойчивости карьеров структурно-геологических элементов производится в период эксплуатации месторождения.

Классификация систем трещин производится по пространственному положению и размеру, происхождению, форме и строению трещины [11]. Наибольшую потенциальную опасность представляют трещины, ориентированные параллельно (согласно падающие) простиранию откоса и падающие в сторону выработанного пространства под углами более  $50^\circ$ .

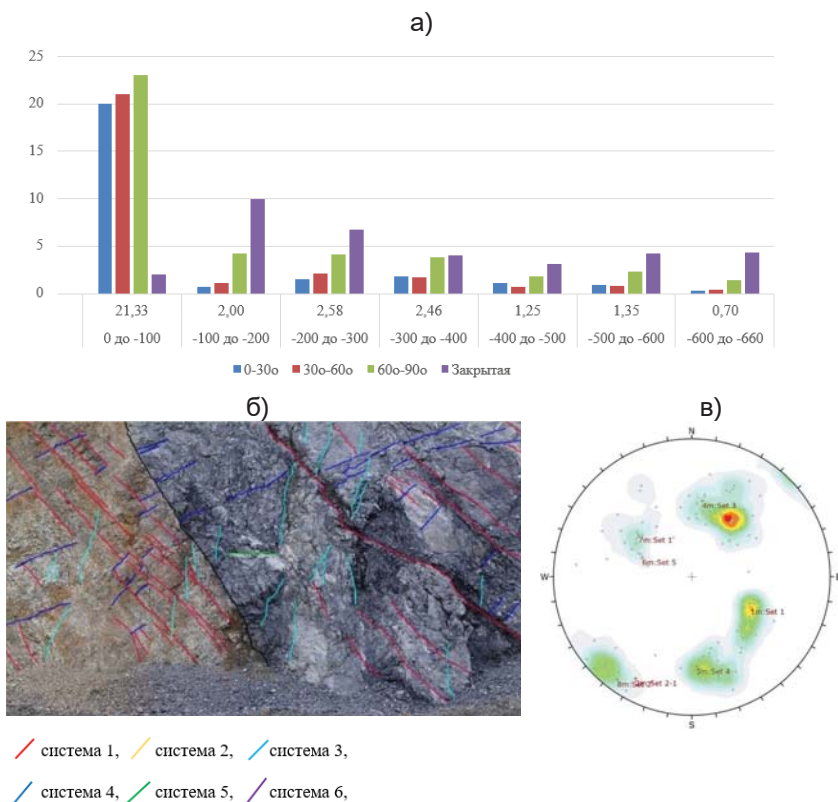
Также потенциальную поверхность скольжения для уступов могут определять сопряженные системы трещин - продольные, согласно падающие крутого залегания по отношению к откосам. Данные трещины будут способствовать расслоению пород в уступах, приводя к деформациям уступа, не вызывая потери общей устойчивости уступа.

Определение вида разрушения является важным этапом при оценке его устойчивости. В зарубежной литературе установлены три основных вида потери устойчивости: в виде сдвига части массива по подсекающей плоскости (Planar Sliding), сдвига клиновидного блока (Wedge) и опрокидывания скальных блоков в сторону выработанного пространства [1, 3].

Для внесения в геомеханические расчеты влияния структурных нарушений и неоднородностей с учетом основных закономерностей распределения и взаимоотношений трещиноватости разных систем производится анализ результатов, полученных по результатам бурения скважин (рисунок 2а), по фотосъемке уступов карьера (рисунок 2б) и многопараметрической документации элементов трещиноватости и структурных неоднородностей (рисунок 2в) [12].

В массивах пород, прилегающих к откосам и содержащих природные поверхности ослабления (дизъюнктивные нарушения, тектонические трещины большого протяжения, слабые контакты слоев и др.), которые частично или полностью могут представлять собой поверхность скольжения, форму и местоположение поверхности скольжения призмы обрушения откоса, находящегося в предельном равновесии, определяют на основе расчетов устойчивости.

В настоящее время методика оценки устойчивости бортов карьеров имеет два основных направления: развитие методов предельного равновесия; развитие численных методов. Численные методы в основном представлены методом конечных элементов (МКЭ) и конечных разностей [13].

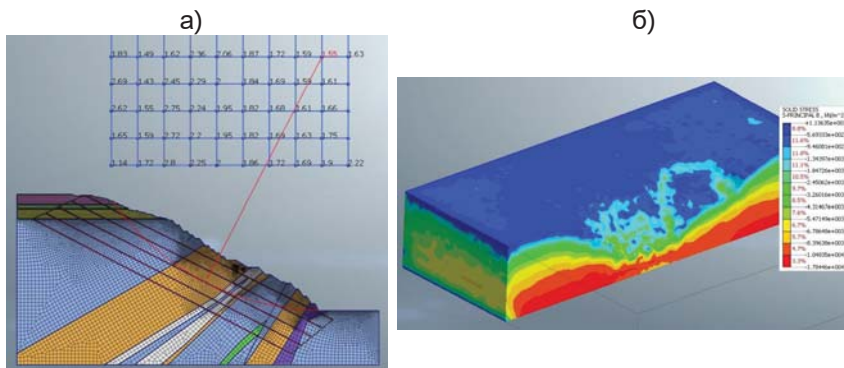


а) по результатам геологических изысканий; б) по снимкам фотодокументации скальных пород; в) диаграмма трещиноватости по результатам структурной съемки

Рисунок 2 - Определение трещиноватости массива горных пород

Расчет по МКЭ условно можно разделить на следующие этапы:

- задание расчетной области с выделением характерных областей и механических свойств для выделенных областей;
- задание граничных условий на границах расчетной области и выделенных областей;
- разбиение расчетной области на конечные элементы (выбор типа и размера конечных элементов в выделенных областях);
- выбор характера деформирования материала (упругий, пластический и пр.) и критерия разрушения (Кулона-Мора, Друкера-Прагера, Хука-Брауна и др.);
- расчет напряжений (деформаций, перемещений), графическое представление и интерпретация результатов расчета (рисунок 3).



а) расчет устойчивости; б) моделирование НДС

Рисунок 3 - Оценка устойчивости бортов карьеров методом конечных элементов

Геомеханическая модель месторождения состоит из четырех основных компонентов [4, 5, 13]:

1. Геологической модели (рисунок 4а).
2. Структурной модели (рисунок 4б).
3. Модели породного массива (свойства пород).
4. Гидрогеологической модели.

В зависимости от особенностей месторождения геомеханическая модель может включать в себя значения напряженно-деформированного состояния.

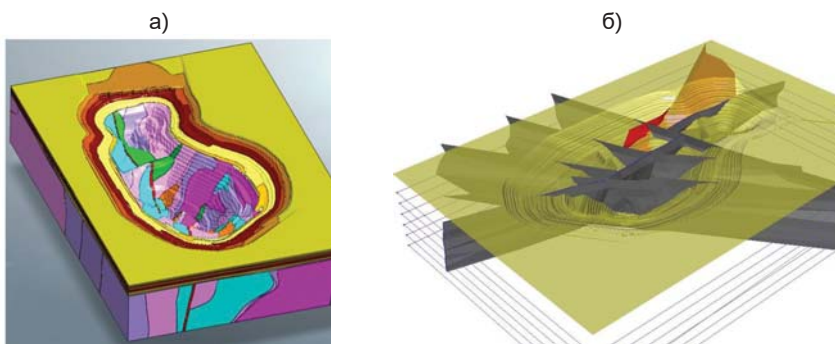


Рисунок 4 – Компоненты геомеханической модели месторождения

Геомеханические модели позволяют объединить в одной базе данных все параметры, влияющие на безопасность отработки месторождений. Основной исходной информацией для геомеханического обоснования параметров бортов карьера и подземных горных выработок является геологическая изученность месторождения, величины показателей физико-механических и прочностных свойств горных пород и породных контактов, а также структурно-тектонических особенностей горного массива, трещиноватости и обводненности, исследования напряженно-деформированного состояния массива горных пород и параметры устойчивости. На основании комплексного подхода и полноценной классификации горного массива возможно прогнозирование поведения пород при ведении горных работ, что обеспечивает безопасность отработки и полноту извлечения полезных ископаемых из недр [4].

### Литература

1. Duncan C. W, Christopher W. M. Rock slope engineering, Civil and mining. 4th edition. Spon Press, Taylor & Francis Group, 2004. ISBN 0-203-49908-5.
2. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. Москва, МГГУ, 2003, с. 473, ISBN: 5-7418-0228-1.
3. John R., Peter S. Guidelines for open pit slope design. 2009. Print: Large Hard cover – CSIRO Publishing.
4. L.S. Shamganova, Sedina S.A., N.O. Berdinova. Creation the geomechanical model for deep open-pit. 18th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM, Volume 18 Issue 1.3, 2018, Bulgaria, ISBN 978-619-7408-37-9. P 223-229.
5. Съедина С.А., Балтиева А.А., Шамганова Л.С. Разработка 3D геомеханических моделей для подземных рудников и карьеров. Проблемы недропользования, №1, 2018 г. Россия Екатеринбург, ISSN 2313-1586. С. 60-65.
6. Кобранова В.Н. Определение физических свойств горных пород / В.Н. Кобранова, Н.Д. Лепарская. - М.: Госгортехиздат, 1957. - 160 с.
7. Ильницкая, Е.И. и др. Определение свойств горных пород. М.: Недра. - 1969.- 392 с.
8. Карташов Ю.М. и др. Прочность и деформируемость горных пород – М.: Недра, 1979. – 269 с.
9. А.В. Яковлев. Геомеханическое обеспечение формирования бортов карьеров и отвалов. Проблемы недропользования №4, 2016 г. УДК 622.271.333: 624.131.537 DOI: 10.18454/2313-1586.2016.04.075. С 75-80.
10. Попов В.Н., Шапов П.С., Юнаков Ю.Л. Управление устойчивостью карьерных откосов. Москва. Издательство «Горная книга», 2008 г.
11. Букринский В.А. Геометрия недр. Москва: МГГУ, 2002. – С. 549.
12. Ракишев Б.Р., Кузьменко С.В., Съедина С. А., Тулебаев К.К. анализ влияния горно-геологических факторов на устойчивость бортов на примере сарбайского карьера. Доклады НАН РК, №3, 2018 г., Алматы, ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print). С. 19-25.
13. Мочалов А.М., Ишутин С.А., Павлович А.А., Сапачев Р.Ю. Оценка устойчивости бортов карьеров с использованием отечественного и зарубежного программного обеспечения.



## References

1. Duncan C. W, Christopher W. M. Rock slope engineering, Civil and mining. 4th edition. Spon Press, Taylor & Francis Group, 2004. ISBN 0-203-49908-5.
2. Galperin A.M. Geomehanika otkritih gornih rabot. Moskva, MGGU, 2003. - 473 p. ISBN: 5-7418-0228-1 (in Russ.).
3. John R., Peter S. Guidelines for open pit slope design. 2009. Print: Large Hard cover – CSIRO Publishing.
4. L.S. Shamganova, Sedina S.A., N.O. Berdinova. Creation the geomechanical model for deep open-pit. 18th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM, Volume 18 Issue 1.3, 2018, Bulgaria, ISBN 978-619-7408-37-9. Pp 223-229.
5. Sedina S.A., Baltieva A.A., Shamganova L.S. Razrabotka 3D geomehanicheskikh modelei dlya podzemnih rudnikov i karerov. Problemi nedropolzovaniya, №1, 2018 g. Rossiya, Ekaterinburg. ISSN 2313-1586. Pp. 60-65. (in Russ.).
6. Kobranova B.H. Opredelenie fizicheskikh svoystv gornih porod / V.N. Kobranova N.D., Leparskaya. M. Gosgortekhnizdat, 1957. – 160 p. (in Russ.).
7. Il'nitskaya E.I. i dr. Opredelenie svoystv gornih porod. M. Nedra. 1969. 392 p. (in Russ.).
8. Kartashov Yu.M. i dr. Prochnost i deformiruemost gornih porod – M. Nedra, 1979. – 269 p. (in Russ.).
9. A.V. Yakovlev. Geomehanicheskoe obespechenie formirovaniya bortov karerov i otvalov. Problemi nedropolzovaniya №4, 2016. UDC 622.271.333: 624.131.537 DOI: 10.18454/2313-1586.2016.04.075. Pp 75-80. (in Russ.).
10. Popov V.N., Shpakov P.S., Yunakov Yu.L. Upravlenie ustoychivostyu karernih otkosov. Moskva. Izdatelstvo «Gornaya kniga», 2008. (in Russ.).
11. Bukrinskii V.A. Geometriya nedr. Moskva, MGGU, 2002. – 549 p. (in Russ.).
12. Rakishev B.R., Kuzmenko S.V., Sedina S. A., Tulebaev K.K. Analiz vliyaniya gorno\_geologicheskikh faktorov nna ustoychivost bortov na primere sarbaiskogo karera. Dokladi NAN RK №3, 2018 g. Almaty ISSN 2518\_1483\_Online, ISSN 2224 5227 Print,. Pp. 19\_25. (in Russ.).
13. Mochalov A.M., Ishutin S.A., Pavlovich A.A., Sapachev R.Yu. Ocenka ustoychivosti bortov karerov s ispolzovaniem otechestvennogo i zarubejnogo programmogo obespecheniya. (in Russ.).

ӘОЖ 622.271: 622.83

## Резюме

*Съедина С.А., Бердинова Н.О.*

*(Д. А. Қонаев атындағы Кен істері институты, Алматы қ.)*

*Терең карьерлердің борттары мен кемерлерінің орнықтылығын  
геомеханикалық қамтамасыз ету*

*Борттардың көлбеу бұрыштарының ұлғаюы аршу жұмыстары көлемінің төмендеуі есебінен шығындардың едәуір қысқаруына әкеп соғады, бірақ борттар мен кемерлердің жай-күйін бақылау жүйесін ұйымдастыруды, ал қажет болған жағдайда бекіту әдістерін, бұрғылау-жару жұмыстарын жүргізудің арнайы әдістерін және т. б. қоса алғанда, олардың тұрақтылығын қамтамасыз ету бойынша әртүрлі арнайы іс-шараларды қолдануды талап етеді. Тереңдігі ұлғайған кезде карьердің орнықтылығы мен қауіпсіз игерілуін геомеханикалық қамтамасыз ету*

*тұрақтылыққа әсер ететін параметрлерді зерттеуге кешенді көзқарасты талап етеді.*

*Түйінді сөздер: тұрақтылық, карьер, геомеханикалық модель.*

UDC 622.271: 622.83

### **Summary**

**Sedina S.A., Berdiniva N.O.**

*(Mining Institute named after D.A. Kynayev, Almaty)*

#### *Geomechanical sustainability of edges and benches of deep open-pits*

*An increase in the angles of inclination of the sides leads to a significant reduction in costs by reducing the volume of stripping operations, but requires the organization of a system for monitoring the condition of the edges and benches, and if necessary, the use of various special measures to ensure their stability, including fastening methods, special methods for drilling and blasting, etc. Geomechanical maintenance of stability and safe mining of open-pit with increasing depth requires an integrated approach to the study of parameters that affect stability.*

*Keywords: stability, open-pit, geomechanical model.*

**Алтаева А.А., Шамганова Л.С.**

(Институт Горного дела им. Д.А. Кунаева г.Алматы, Республика Казахстан)

## **ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОРЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Аннотация: В данной статье рассмотрен анализ результатов инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности Орловского месторождения.*

*Ключевые слова: деформация земной поверхности, высокоточное нивелирование, радарная интерферометрия.*

Изучение современных сдвижений и деформаций требует проведения в мониторинговом режиме высокоточных геодезических измерений на земной поверхности рудных месторождений.

Имеющийся на сегодняшний день достаточно большой опыт геодезического мониторинга деформационных процессов на месторождениях показывает [1, 2], что оседание земной поверхности широко распространено при длительном освоении рудных месторождений и для подавляющего большинства скорости техногенных оседаний составляет 1–2 см/год, а накопленные величины не превышают первых десятков сантиметров. Последствиями таких деформационных процессов могут быть активизация оползневых процессов, появление опасных зон, мульды сдвижения и т.д. [3].

Одним из примеров интенсивного ведения добычных работ на протяжении многих десятилетий является территория Орловского месторождения ТОО «Востокцветмет», в котором образовались обширные сдвиги горных пород, а также оседания и обрушения земной поверхности.

Инструментальные наблюдения за сдвижением земной поверхности и горных пород на Орловском производственном комплексе начаты в 1991 году после образования провала земной поверхности на пересечении восьмой линии штреков (8ЛШ) и нулевой линии ортов (ОЛО) (рисунок 1).



1- контур рудных залежей; 2 - границы мульды сдвижения

Рисунок 1 - План наблюдательной станции Орловского рудника

По результатам предоставленных материалов на Орловском месторождении за период 2003-2019 гг. было проведено 16 серий измерений за период с 12.03.2003 г. по 28.05.2019 гг. Подробные результаты измерений представлены в отчетах ТОО "Востокцветмет" Орловского производственного комплекса [5].

Далее по результатам полученных данных были выполнены уравнивания превышений между реперами по всем профильным линиям с данными всех циклов наблюдений, начиная с 2003 года. На рисунке 2 представлен график динамического изменения наблюдательных реперов по профильной линии ОЛО, т.к. данная профильная линия находится в зоне интенсивного оседания земной поверхности.

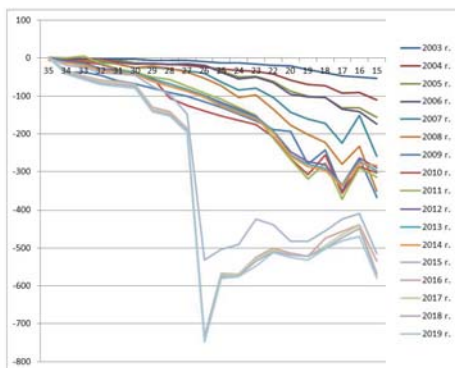


Рисунок 2 - Динамическое изменение наблюдательных реперов по профильной линии ОЛО

Как видно из рисунка 2, наблюдательные репера по профильной линии ОЛО с 2006 г. постепенно оседают, максимальное оседание составляют - 698 мм, -714 мм в 2010 г. и 2015 г.

На рисунке 3 показано процентное соотношение новых, действующих, согнутых, затопленных и уничтоженных реперов по 16 сериям наблюдений для всех наблюдательных станций Орловского рудника.

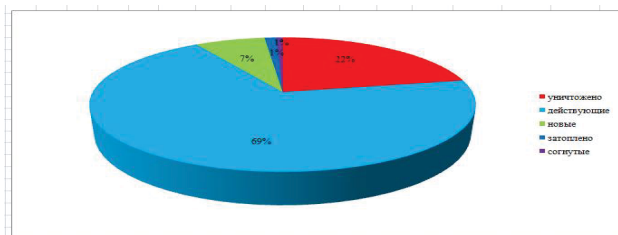


Рисунок 3 - Процентное соотношение уничтоженных, действующих, новых, согнутых и затопленных наблюдательных реперов

Выполненный анализ предоставленных данных показал, что на Орловском месторождении для наблюдения за деформациями земной поверхности применяют метод высокоточного нивелирования. Существующие 4 профильные линии не полностью охватывают всю поверхность меторождения. Поэтому значительная часть земной поверхности оказывается вне мониторинга, осуществляемого через наблюдательные станции основных профильных линий.

В связи с этим, возникает необходимость построения дополнительных профильных линий для поддержания эффективности мониторинга. Однако, построение дополнительных профильных линий с закладкой новых наблюдательных станций, организация и проведение на них высокоточного нивелирования в разы увеличивает затраты на мониторинг.

Поэтому на земной поверхности месторождения необходимо проводить следующие методы мониторинга: радарную интерферометрию, GPS измерения и т.д. для повышения эффективности и безопасного ведения горных работ.

Одним из мощных инструментов по определению зон сдвижений и деформаций земной поверхности является метод радарной интерферометрии.

Для исследования была использована серия повторных наблюдений с европейского спутника Sentinel 1a. Общее количество сцен составило 17 шт. Они охватывали период времени с апреля 2014 г. до апреля 2019 г.

Данный радиолокационный спутник разработан компанией Thales Alenia Space. На его борту установлена радиолокационная аппаратура с синтезированной апертурой C-SAR (разработка компании Astrium), которая обеспечивает всепогодную, а также круглосуточную поставку космических снимков.

Применяемая технология обработки радарных космических снимков – дифференциальная интерферометрия [5] – реализована в программном комплексе SNAP [6]. Рассмотрим подробно цепочку обработки на примере 17-проходной серии радарных снимков со спутника Sentinel 1a на территорию Орловского месторождения. Контур выполняемых съемок приведен на рисунке 4.

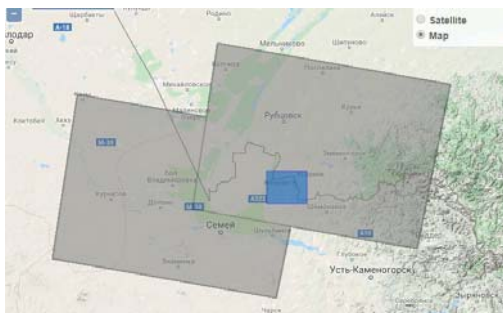


Рисунок 4 - Схема покрытия территории Орловского месторождения данными Sentinel 1a

В результате обработки и интерпретации радарных снимков была получена вертикальная карта смещений земной поверхности Орловского рудника (рисунок 5).

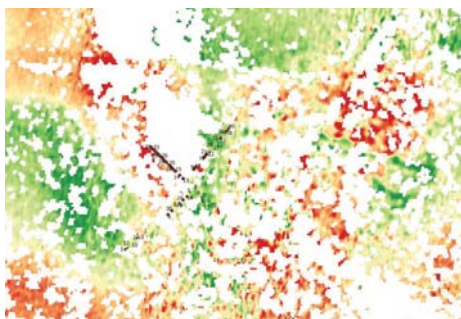


Рисунок 5 - Карта вертикальных смещений земной поверхности Орловского рудника, расположение профильных линий на участке исследований

Как видно из рисунка 5, профильная линия ОЛО (нулевая линия орта) находится в зоне интенсивного оседания земной поверхности. Выявленные особенности современных вертикальных движений земной поверхности в зоне профильной линии, обусловлены обработкой МКЦ в верхних горизонтах и обработкой руд нижних горизонтов. Наиболее значимые оседания наблюдаются в районе реперов R16 и R17 и составляют -700 мм. Скорость осадки реперов составляет  $\approx 66$  мм в год.

### Литература

1. Волков В.И., Вершинина Ю.В. Анализ эффективности космического радиолокационного мониторинга техногенных деформаций земной поверхности на территориях нефтегазовых месторождений. Электронный научный журнал "Современные проблемы науки и образования" № 5. 2013 г.
2. <https://vitaminka.kz/legislation/low/7284-kodeks-respubliki-kazaxstan-ot-27-dekabrya-2017-goda-125-vi>
3. Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная разработкой месторождений нефти и газа // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. Вып. 2. – М.: ГЕОС, 2002. – С.418–427.
4. Отчет о наблюдениях за сдвижением горных пород на Орловском руднике ЖГОК. 2017 г.
5. Sentinel-1. ESA Sentinel online — electronicresource. Mode of access: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>.
6. <https://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/snapphu>.

### References

1. Volkov V.I., Vershinina YU.V. Analiz effektivnosti kosmicheskogo radiolokatsionnogo monitoringa tekhnogennykh deformatsiy zemnoy poverkhnosti na territoriyakh neftegazovykh mestorozhdeniy. Elektronnyy nauchnyy zhurnal "Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya" № 5. 2013 g.
2. <https://vitaminka.kz/legislation/low/7284-kodeks-respubliki-kazaxstan-ot-27-dekabrya-2017-goda-125-vi>
3. Kuz'min YU.O. Sovremennaya anomal'naya geodinamika nedr, indutsirovannaya razrabotkoy mestorozhdeniy nef'ti i gaza // Fundamental'nyy bazis novykh tekhnologiy nef'tyanoy i gazovoy promyshlennosti. Vyp. 2. – M.: GEOS, 2002. – S.418–427.
4. Otchet o nablyudeniyyakh za sdvizheniyem gornyykh porod na Orlovskom rudnike ZHGOK. 2017 g.
5. Sentinel-1. ESA Sentinel online — electronicresource. Mode of access: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>.
6. <https://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/snapphu>.

**Резюме**

Алтаева А.А., Шамганова Л.С.  
(Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен ісі институты, Алматы қ., Қазақстан Республикасы)

*Орловск кенорнының жер беті қозғалысын геодезиялық әдістермен бақылау*

*Аңдатпа. Бұл мақалада Орловск кенорны жер бетінің қозғалуын аспаптық бақылау нәтижелері қарастырылған.*

*Түйінді сөздер: жер бетінің деформациясы, жоғары дәлдіктегі нивелирлеу, радарлық интерферометрия.*

UDC 528.02

**Summary**

Altaeva A. A., Shamganova L.S.  
(Institute of Mining. D. A. Kunaeva Almaty, Republic of Kazakhstan)

*Methods geodetic monitoring of deformations of the earth's surface orlovsk field*

*Annotation. this article describes the analysis of the results of instrumental observations of the displacement of the earth's surface of the Orlovsk field.*

*Keywords: deformation of the earth's surface, high-precision leveling, radar interferometry.*



**Р. О. Нурлыбаев**

(Институт горного дела им. Д. А. Кунаева, Алматы, Казахстан)

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОСЕДАНИЙ ПОРОД НАД ОТРАБОТАННЫМИ ПАНЕЛЯМИ ПРИ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ МОЩНЫХ И СБЛИЖЕННЫХ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ**

*В статье на примере разработки мощных и сближенных рудных залежей камерно-столбовой системой в условиях Жезказганского месторождения, изучены закономерные особенности сдвижения и оседания пород над выработанным пространством, как отработанные панели. Установлены взаимовлияющие факторы и их совокупность, обуславливающая процесс и механизм оседания пород над образовавшимися пустотами.*

*Ключевые слова: мощные и сближенные рудные залежи; камерно-столбовая система разработки; междукammerный целик; горное давление; напряженно-деформированное состояние; разрушение; ярусная отработка; панель; обрушение; разрыхление; сдвижение; оседание пород.*

При разработке месторождений твердых полезных ископаемых подземным способом, пожалуй одним из самых изучаемых вопросов являются исследования процессов сдвижения и оседания пород над выработанным пространством. В результате образованных подземных пустот в окрестностях горных выработок породный массив претерпевает те или иные физические изменения, вызванные напряженно-деформированным состоянием разрабатываемого горного массива. При этом происходящие необратимые нарушения естественного природного состояния и относительного равновесия толщи массива, сопровождаясь по цепной реакции разрушением и обрушением, приводят к смещению (сдвигению) пород и как следствие оседанию земной поверхности в зависимости от масштабности происходящих геомеханических процессов, обусловленных целым рядом различных факторов. Поэтому изучение данной проблемы в целях обеспечения безопасности и эффективности добычи полезных ископаемых бесспорно приобретает свою актуальность и имеет первостепенное важное значение как в теоретическом, так и практическом планах. В связи с этим рассмотренные в данной работе зоны ослабления, обрушения подработанных пород малыми и крупными блоками, в различной степени разрыхлением разрушенной зоны и подбуртовкой целой части кровли, в зависимости от литологических, структурных и прочностных особенностей толщи, приводят к различным видам оказания горного давления на породы приконтурных участков выработок, где наблюдаются зоны отжима, за ней зона опорного давления, где имеют место значительные напряженные состояния сильно сжатых пород.

При весьма прочных на сжатие вдоль нагруженных ( $\gamma H$ ) и монолитных породах приконтурной части очистных выработок зона отжима не образуется, однако породы могут находиться под большими сжимающими нагрузками вдоль  $\gamma H$ , что вызывает «стреляние» - (резкие отколы кусков пород в сторону выработки). Прочные породы, находящиеся при сжатом с боков, сверху и снизу состоянии, весьма трудно и редко образуют вертикальные трещины. Эти причины обуславливают формирование зоны опорного давления в прочных породах в непосредственной близости к контуру выработки.

При случае проведения очистных выработок по слабым на сжатие вдоль  $\gamma H$  породам, например, по угольным пластам, в приконтурных частях очистных выработок образуются значительные зоны отжима и опорного давления, которые наблюдались при исследовании сдвижений подработанных горных пород Карагандинского угольного бассейна [1].

В результате проведения подземных горных выработок в вмещающих породах идет процесс нарушения установившегося напряженно-деформированного состояния. При этом выработка полностью может оказаться в однородной и однотипной среде, т.е. литологически в конкретной разновидности породы, или в многослойной и многокомпонентной среде. В этих случаях среда может оказаться нарушенной трещинами, смятиями, сдвигами, поверхностями скольжения и включениями отдельных линз и других форм неоднородности.

Все вышеотмеченные случаи вмещающей подземную выработку среды и обуславливают различным образом давление на саму выработку и ее крепление. При этом параметры выработок одиночных подготовительных, а также очистных (добычных выработок при применении различной системы разработки залежи) неадекватным образом влияют на изменения напряженно деформированного состояния вмещающей среды, на формирование зоны ослабления и зоны разрыхления пород вокруг выработок. Эти различные влияния выработок на состояние вмещающих пород (с охватом геологического строения, структурных особенностей и сочетаний литологических типов горных пород) достаточно подробно рассмотрены многими авторами.

Например, в работах [2-4] приведены расчетные формулы коэффициента разрыхления  $K_p$  горных пород вокруг подземных выработок, которые позволяют выразить высоту зоны разрыхления  $H_p$  через поперечные размеры выработки, или через вынимаемую мощность  $m$  залежи и  $K_p$  в следующем виде

$$H_p = \frac{m}{K_p - 1} \quad (1)$$

Аналогично формуле (1) приведено выражение и в монографии [5] для расчета высоты разрыхленной зоны. Это выражение следующее

$$H_p = \xi' m k_{\text{и}} / (K_p - 1), \quad (2)$$

где  $\xi'$  - коэффициент формы обрушения равный 1,5 и 1 соответственно для параболического свода и прямоугольного обрушения;  $k_{\text{и}}$  - коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр, равный 0,9.

Ввиду того, что для прогнозных расчетов высоты разрушенной зоны (зоны разрыхления), вызванной проведением выработки, не целесообразно учитывать такие факторы как форма обрушения и коэффициент извлечения ископаемого из недр, нами была использована формула (1) для расчета  $H_p$  ослабляемых участков горных пород зоной разрыхления вокруг подземных выработок. При этих расчетах (на примере Жезказганского месторождения) коэффициент разрыхления согласно [6] принимался равным 1,4.

Метод прогнозного расчета высоты зоны обрушения пород заключается в том, что в расчете учитываются все мощности отработанных залежей, которые дают суммарную вынутую мощность  $\sum m_i$ , входящую в расчетную формулу (1). При этом значения высоты зоны разрыхленных пород  $H_p$  вычисляются с некоторым коэффициентом запаса  $n$  ввиду неучтенности объемов, занимаемых междуканальными целиками (МКЦ). Этот метод позволяет находить вдоль конкретного разреза участка высоту зоны разрушения вдоль любой вертикали, и, соединив их концы получить кривую, огибающую границы раздела зоны разрыхления от согласованно оседающих пород [7].

Согласно проведенным нами исследованиям [7] для прогнозных расчетов предполагаемой, т.е. ожидаемой высоты зоны разрушения подработанных слоев толщи пород были взяты вертикальные разрезы отдельных участков шахты «Покро» по двум профильным линиям №19 и №36, а также разрез участка шахты 42-47-51 по профильной линии №13, 14-14-бис Жезказганского месторождения. Выполненные расчеты по указанным профильным линиям показывают, что при каких условиях зона разрыхления достигла или не достигла бы и при этом насколько не достигла бы дневной поверхности на участках в зависимости от целого ряда влияющих факторов, отмеченных выше, в том числе от горно-геологических, горнотехнических и в целом геомеханических ситуаций, специфичных для каждого конкретного участка.

Из полученных расчетных результатов следует, что на участке разреза по профильной линии №19, ослабленном из-за разрушения МКЦ зона разрыхления, рассчитанная по формуле (1) распространяется только до определенных верхних горизонтов, не достигая дневной поверхности. Но с учетом заниженного коэффициента запаса прочности практически в два раза, в результате разрушения МКЦ высота зоны

разрыхления достигла бы дневной поверхности в центральной части данного участка.

На участке разреза по профильной линии №36 также, как и в первом случае наблюдается повышенная зона разрыхления пород над наплавающимися панелями и наиболее высокими МКЦ при условии разрушения всех МКЦ. Но при этом, не смотря на снижение коэффициента запаса в 3 раза высота зоны разрыхления не достигнет выше отметки средних горизонтов. Это помимо прочего объясняется тем, что при залегающих в кравле мощных слоях серых и красных песчаников, разрушенные породы подбutoвывают вышележащую толщу уже на указанных горизонтах некоторым образом, останавливая процесс дальнейшего смещения пород. Таким образом, медленные оседания пород при таких условиях могут происходить на участке, только по причине дальнейшей усадки и уплотнений пород в зоне разрушения.

Также и в третьем примере (разрез участка шахты 42-47-51 по профильной линии №13, 14-14-бис.) наблюдается аналогичная картина, характерная только для данного участка. Рудные тела отрабатывались четырьмя слоями панелей, расположенных одна над другой на разных расстояниях. Слои пород кровли состоят из серых и красных песчаников. В этих условиях, без учета объемов МКЦ расчетным путем, полученная граница раздела разрушенной зоны от подбutoченной толщи показывает, что резкие оседания пород не достигают дневной поверхности. Разрушения слоев пород заканчиваются подбutoвкой вышележащей толщи на горизонте ближе к дневной поверхности. На ней могут лишь происходить медленные и длительные вертикальные смещения, вызванные усадкой разрушенных пород.

Таким образом, если сравнить происходящее по трем разрезам, то можно судить, что на участке шахты 42-47-51 оседание земной поверхности будет происходить более интенсивно, чем на участках шахты «Покро», так как граница зоны разрыхления пород расположена ближе к дневной поверхности, прежде всего, вследствие многоярусной отработки залежей и других особенностей участка.

Изучение структурных особенностей подработанной толщи на участках Южного и Восточного Жезказганских рудников (ЮДР и ВДР) показывает, что на юге преобладают в кровле красные алевролиты и аргиллиты, которые склонны оседать без расслоений, а на участках ВДР залегают труднообрушаемые слои серых и красных песчаников. При этом толща, состоящая из слабых пород, после подработки работает на сдвиг вдоль контура зависания. В этом случае низкие прочностные показатели аргиллитов и алевролитов, увлажненность, трещиноватость и другие факторы сильно способствуют резкому опусканию всей подработанной толщи без каких-либо заметных разрыхлений. Такое оседание толщи наблюдалось на шахтах ЮДР (например, обрушения с выходом на дневную поверхность на шахтах 44 и 45).

Характерным для оседания слабых пород подработанного массива без расслоений в результате сдвига по контуру ослабленного участка является еще то, что такие участки имели незначительную глубину разработки залежи большой мощности. Схематически оседание такой подработанной толщи показано на рисунке 1.

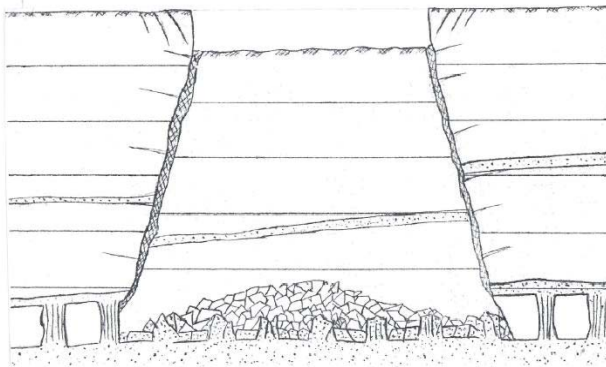


Рисунок 1 – Схема характерного оседания подработанной толщи, состоящей из слабых пород.

Рассмотрен следующий типичный пример разработки мощной залежи двумя слоями с оставлением рудного моста между соосно оформленными МКЦ и рудной корки над верхними МКЦ, соответствующей случаю залегания в непосредственной кровле слабых, а в почве весьма прочных пород. При расчете введены ограничения: глубина разработки залежи более 100 м, основная кровля состоит из мощных и прочных слоев песчаников, и суммарный объем подземных пустот недостаточен для выхода зоны обрушения на дневную поверхность. При этих ограничениях обрушение подработанной толщи происходит следующим образом (рис. 2).

На рисунке 2 показана часть разреза участка шахты «Покро», где подработанный массив в основном состоит из крепких серых ( $\sigma_{сж} = 100-110$  МПа) и красных ( $\sigma_{сж} = 80-90$  МПа) песчаников, которые обрушаются крупными блоками с шагом обрушения в пределах от 10 до 80 м. Обрушение слоев пород носит стадийный характер (снизу-вверх), что обуславливает развороты, доходящие до  $90^\circ$  взаимодействующих шарнирно, или защемленных одним концом блоков пород.

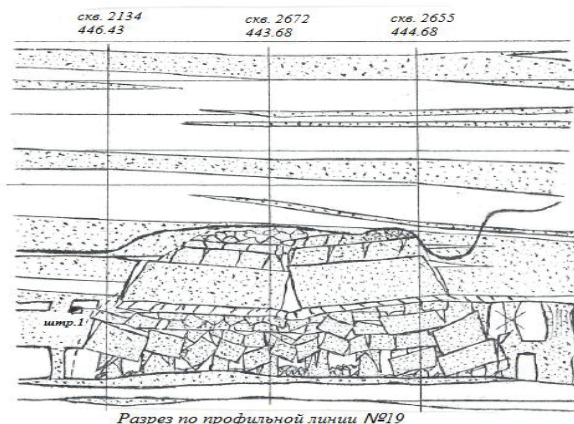


Рисунок 2 – Схема типичного крупноблочного обрушения крепких слоев пород подработанной толщи.

Этому способствуют значительные по высоте выработанные пространства. При ведении очистных работ на большой глубине с обрушением мощных слоев крепких пород кровли может происходить такая подбutoвка неразрушенной зоны, которая окажется прочнее и устойчивее, чем система состоящая из подработанной толщи и МКЦ. Рисунок 2 схематически отражает эти изложенные факторы, ведущие к значительному разрыхлению обрушенных пород, способствующих быстрой подбutoвке неразрушенной зоны.

Некоторые целики нижнего и верхнего яруса разрушаются, часть целиков верхней панели внедряются в слабую непосредственную кровлю после разрушения рудной корки и при дальнейшем опускании пород встречают прочные слои основной кровли. Разрушение МКЦ нижней панели вызывает обрушение рудного моста на блоки с размерами, соизмеримыми с высотой МКЦ. Крупные блоки рудного моста при опускании на почву выработки занимают различные положения. Их развороты вокруг шарниров и точек защемлений могут колебаться в пределах от 0 до 90°. К таким же разворотам подвергаются блоки слоев пород основной кровли. Причем значительному развороту крупных блоков способствует большая высота разработки. При таких обрушениях рудного моста и слоев пород основной кровли (только в зоне разрушения) отыщется множество наклонно или вертикально расположенных блоков, которые фактически могут обладать многократно больше несущей способностью по сравнению с МКЦ. Параллельно осуществляется естественный процесс разрыхления обрушенных пород, который, противодействуя совместно с блоками пород на опускающуюся толщу, гасит смещения кровли. При этом высота зоны разрушения получается

меньше глубины разработки **H**, что обуславливает расположение границы обрушенных и подбученных пород на значительной глубине от дневной поверхности.

Далее были выполнены расчеты высоты зоны разрыхления пород над выработанным пространством в зависимости от суммарной мощности  $\sum m_i$ , вынудой залежи и от коэффициента разрыхления  $K_p$ . Графическое отображение расчетных результатов, приведенное на рисунке 3 показывает, что высота зоны разрыхления подработанных пород зависит от вынимаемой мощности  $\sum m_i$  и от коэффициента разрыхления  $K_p$ . Причем  $\sum m_i$  влияет на величину зоны разрыхления в большей степени при малых коэффициентах разрыхления пород, а при больших значениях коэффициента разрыхления - влияет в меньшей степени. То есть, при значительной суммарной разрабатываемой мощности залежи и больших коэффициентах разрыхления, что свойственно труднообрушаемым мощным слоевым структурам пород кровли, образующим блоки разрушения с длиной порядка равняющимся мощностям слоев, расчетные зоны ослабленных подрыхленных пород распространяются лишь до 30-40 м над выработками (рис. 2).

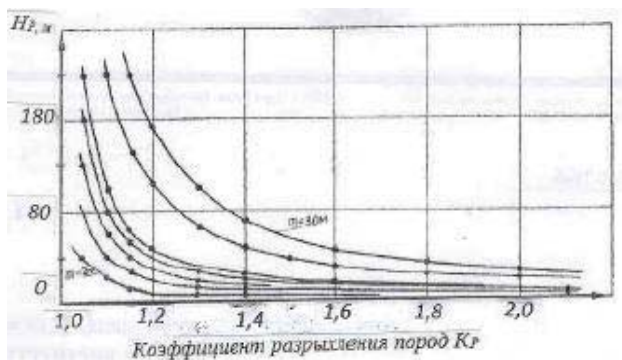


Рисунок 3 – Зависимость зоны оседания подработанной ослабленной породной толщи от степени разрыхления пород и разрабатываемой мощности залежи.

Над 30-40 м вышележащая толща кровли, после наступления ее полной подбучки крупными блоками крепких труднообрушаемых пород, получают прочную опору и в последующем показывают весьма минимальные оседания пород всей подработанной зоны, включая и дневную поверхность.

Выводы.

- полученные расчетные границы и высота зоны разрыхленных пород свидетельствуют о том, что при подработке толщи массива,



представленного различными характеристиками и параметрами рудных тел (залелей) и пород, под действием совокупности влияющих факторов происходят сложные геомеханические процессы, сопровождаемые по ценной реакции в различной форме и масштабе в зависимости от степени влияния того или иного фактора;

- своевременная оценка и прогнозирование состояния и поведения подработанной толщи пород по предложенному методу расчетов, позволяют предупредить о возможном оседании пород включительно до земной поверхности, что даст возможность принять соответствующие меры, направленные на обеспечение безопасности, предотвращающей катастрофические явления в виде обрушений с выходом на дневную поверхность, нередко имевших и имеющих место на мировой практике при подземной добыче твердых полезных ископаемых.

### **Литература**

1. Канлыбаева Ж. М. Закономерности сдвижения горных пород в массиве.-М.: Изд. Наука, 1968.-108с.
2. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок.-М.: Изд. Недра, 1976.-272с.
3. Борисов А. А. Механика горных пород и массивов.-М.: Изд. Недра, 1980.-360с.
4. Болгожин Ш. А., Клиновицкий Ф. И. Геомеханические условия охраны подготовительных выработок при отработке угольных пластов.-Алма-Ата: Изд. Наука, 1982.-86с.
5. Борщ-Компаниец В. И., Макаров А. Б. Горное давление при отработке мощных пологих рудных залежей.-М.: Изд. Недр, 1986.-271с.
6. Баранов А. О. Расчет параметров технологических процессов подземной добычи руд.-М.: Изд. Недра, 1985.-224с.
7. Помашев О. П., Нурлыбаев Р. О., Сарыбаев М. А. О масштабных факторах при разрушении горных пород.-Алматы: Изд. Эверо, 2016.-276с.

### **References**

1. Kanlybaeva J. M. Patterns of displacement of rocks in the array.- M.: Ed. Science, 1968.-108с.
2. G. L. Fisenko Limiting state of rocks around an excavation.- M.: Ed. Nedra, 1976.-272с.
3. Borisov A. A. rock Mechanics and arrays.- M.: Ed. Nedra, 1980.-360C.
4. Bolgarin S. A., F. I. Klinovitskiy Geomechanical conditions of protection of preparatory workings during the mining of coal seams.- Alma-ATA: Ed. Science, 1982.-86с.
5. Soup-Kompaniets V. I., Makarov A. B. confining pressure during the mining of thick flat ore deposits.- M.: Ed. Of mineral resources, 1986.-271с.
6. Baranov A. O. Calculation of parameters of technological processes of underground ore mining.- M.: Ed. Nedra, 1985.-224 p.
7. Potashev O. P., nurlybaev R. O., M. A. Sarybayev On the major factors in the destruction of rocks.- Almaty: Ed. Euro, 2016.-276с.



### **Резюме**

*Р. О. Нурлыбаев*

*(Д. А. Қонаев атындағы Кен Үстірт институты)*

*Камералы-діңгекті жүйемен қалың және бір-біріне жақындасқан кен шоғырларын қазуда, қазымдалған панельдердің төбе үстіндегі тау жыныстарының шөгу ерекшеліктерін талдау.*

*Мақалада Жезқазған кенорыны мысалында оның қалың және бір-біріне жақындасқан кен шоғырларын камералы-діңгекті қазу жүйесі жағдайында кеңістік қазбасының, яғни қазымдалған панелдердің үстіндегі тау жыныстарының сырғу және шөгу заңдылық ерекшеліктері зерттелген. Пайда болған қуыстардың төбелеріндегі тау жыныстарының шөгу процесіне және механизміне өзара және бірігіп әсер ететін факторлары анықталған.*

*Түйінді сөздер: қалың және бір-біріне жақындасқан кен шоғырлары; камералы-діңгекті жүйе; камерааралық кен тірек; тау қысымы; кернеулі-деформациялану жағдай; қирау; ярусты қазбалау; панель; опырылу; қопсу; сырғу; тау жыныстарының шөгуі.*

UDK 622.273.3:622.83

### **Summary**

*R. O. Nurlymbayev*

*(Institute of mining. D. A. Kunaev)*

*Analysis of the features of rock subsidence over the roof of the developed panels, in the development of dense and close to each other ore deposits with chamber-mast system.*

*In article on the example of Zhezkazgan Deposit and peculiarities of the patterns of sliding and subsidence of rocks above the mined-out panels of spatial production in the conditions of chamber-mast of the development system of thick and contiguous to each other deposits. The factors influencing among themselves and jointly on the processes of sedimentation and mechanization of rocks on the slopes of the resulting cavities*

*Key words: powerful and contiguous ore deposits; room-and-pillar development; interchamber pillar; rock pressure; stress-strain state; destruction; multilevel testing; panel; collapse; loosening; displacement; subsidence of rocks.*

**Нурлыбаев Р.О.**

(Институт горного дела имени Д.А. Кунаева, г. Алматы)

## **ИСПЫТАНИЕ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА РАЗРЫВ И ИЗГИБ**

*Аннотация. В статье рассмотрены некоторые результаты ранее выполненных исследований, связанных с изучением физико-механических свойств и определением прочностных характеристик образцов горных пород и строительных материалов. Для этой цели разработано устройство по испытанию образцов на разрыв, а также предложен способ изготовления и подготовки образцов для определения прочности материала при изгибе. Разработанные технические решения позволяют снизить трудоемкие затраты и упростить процессы испытаний образцов указанных материалов, что весьма важно для решения различных горнотехнических и в других смежных отраслях задач, имеющих как научно-теоретическое, так и научно-практическое значения.*

*Ключевые слова: горные породы; строительные материалы; образцы; физико-механические свойства; прочностные характеристики; разрыв; изгиб; устройства для изучения (исследования) свойств и характеристик различных материалов; подготовка и испытание образцов.*

Исследование свойств и в целом характеристик материала – из числа научно-технических задач, занимающих особое место во многих отраслях науки и техники, в промышленности, в том числе горной, – имеет большое как научно-теоретическое, так и научно-практическое значения для решения многих самых актуальных проблем перед исследователями и разработчиками. В современных условиях динамичного развития общества, и вместе с ним, научно-технического и технологического прогресса во всех сферах нашей жизни, данный вопрос встаёт как никогда остро и требует своего решения.

В этой связи ниже будут представлены некоторые отдельные результаты ранее выполненных сотрудниками лаборатории сдвижения пород и охраны горных выработок во главе с кандидатом технических наук Помашевым О.П. исследований, направленных на изучение физико-механических свойств и определение прочностных характеристик образцов горных пород и других (строительных) материалов.

Следует отметить, что многие конструкции, сооружения и составляющие их материалы в большинстве своём работают на растяжение (разрыв) и изгиб, в зависимости от условий их нагружения, при прочих равных условиях. Поэтому в начале будет рассмотрено устройство (А.С. СССР № 855426. 15.08.81. Бюл. № 30), разработанное для испытания образцов материала на разрыв с учётом недостатков и преимуществ существующих технических устройств и средств [1].

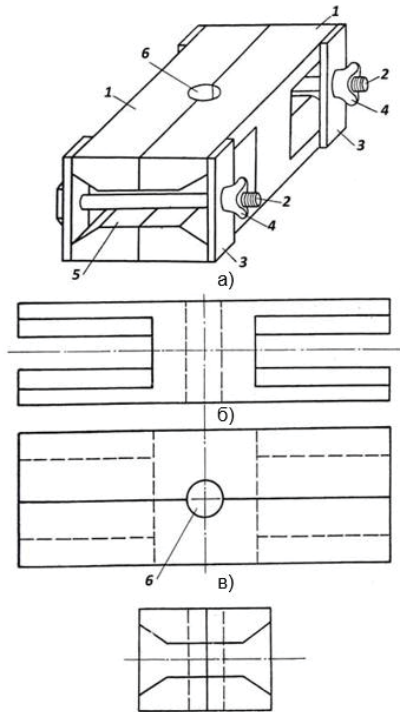
Основным недостатком известных технических решений в этой области является то, что многие устройства имеют сложную конструкцию, и вследствие они трудоёмкие в изготовлении. Кроме того, они не позволяют равномерно нагрузить образец по длине с равномерным распределением нагрузки по его сечению, то есть не обеспечивается равномерное распределение разрывающего усилия (напряжения) вдоль всего сечения образца. Исходя из этого, целью ставилось испытание образцов различной длины и при этом достижение строго равномерного нагружения образца вдоль его ширины.

На рисунке 1 изображено предлагаемое устройство (общий вид): а) – проекция устройства на фронтальную плоскость (вид спереди); б) – проекция устройства на горизонтальную плоскость (вид сверху); в) – проекция устройства на профильную плоскость (вид сбоку).

Устройство состоит из корпуса 1, две части (половины) которого стягиваются болтами 2 при помощи пластин 3 и гаек 4. В корпусе 1 посередине торцов выполнены поперечные пазы 5 П-образной формы, а по центру перпендикулярно к верхней и нижней поверхностям корпуса 1 выполнено сквозное отверстие 6, предназначенное для приложения разрывающих усилий.

В пазы 5 половин (половинок) корпуса 1, стянутых болтами 2 при помощи пластин 3 и гаек 4, вставляют образцы из хрупких материалов в виде плит без тщательной подготовки их формы, которые в расширенной части пазов 5 заливают эпоксидным клеем. После схватывания клеем образцов с расширенной частью пазов 5 стягивающие болты 2 с пластинами 3 снимаются и, таким образом, образцы сами удерживают обе половинки корпуса 1 вместе. В пазы 5 могут быть залиты также твердеющие растворы, которые после схватывания можно испытывать на растяжение.

Испытание выполняется следующим образом. Сквозное отверстие 6 на границе раздела корпуса 1 посередине длины, перпендикулярное к корпусу 1 и пазам 5, для приложения растягивающих усилий заполняют резиновой пробкой (на рисунке не обозначена), на которую сверху и снизу давят входящие в отверстие 6 от сжимающих сил цилиндрические соосные пуансоны (также не показаны). При предельном значении давления внутри отверстия 6 половинки корпуса 1 раздвигаются, разрушая образцы чистым растяжением.



1 – корпус; 2 – стягивающие болты; 3 – пластины; 4 – натяжные гайки; 5 – пазы; 6 – сквозное отверстие для нагружения образца пуансонами (не показаны)

Рисунок 1 – Общий вид устройства для испытания образцов на разрыв: вид спереди (а); вид сверху (б); вид сбоку (в)

Предел прочности на растяжение  $\sigma_p$  испытываемых образцов вычисляется по формуле:

$$\sigma_p = P d h / S, \quad (1)$$

где  $P$  – предельное значение давления внутри отверстия 6, кгс/см<sup>2</sup>;

$d$  – диаметр отверстия, см;

$h$  – длина отверстия на корпусе 1, см;

$d h$  – диаметрально-площадная площадь отверстия, см<sup>2</sup>;

$S$  – суммарная, измеряемая после испытания, площадь поверхности разрыва образцов, см<sup>2</sup>;

Разделение целого корпуса 1 и отверстия 6 для приложения растягивающих усилий на две одинаковые половины, устранение

захватов и клина значительно упрощают испытания образцов хрупких материалов и твердеющих растворов. Всевозможные перекосы, несоосность приложения растягивающих сил ликвидируются самой конструкцией устройства. Эпюра растягивающих сил вдоль всей ширины образца в пазах 5 будет прямоугольной формы в виду большой жесткости металлических половинок корпуса 1, по сравнению с материалом испытываемого образца, что обеспечивает правильное определение предела прочности хрупких материалов и твердеющих растворов на одноосное растяжение по приведенной выше формуле (1).

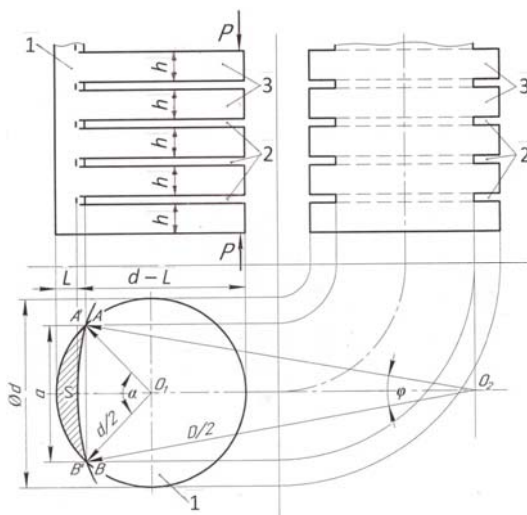
Простота устройства не требует тщательных подгонок к испытываемому образцу, исключает трудоёмкие операции, неизбежные при изготовлении образца со сложной формой, а также не требует строгой ориентации оси образца вдоль растягивающей нагрузки, которая необходима в известных устройствах из-за их несовершенных конструктивных исполнений. Предложенное устройство может применяться для точного определения прочности на растяжение большого числа разновидностей строительных материалов, что позволит определять рациональные и наиболее оптимальные размеры конструкций и сооружений, приводящие в целом к снижению затрат и экономии средств.

Как выше уже упоминалось наряду с прочностной характеристикой материала на растяжение (разрыв) существует и не менее важная прочностная характеристика его при изгибе. Поэтому ниже будет рассматриваться и эта характеристика и способы её определения.

Существует множество различных способов определения прочности материала при изгибе, которые не лишены тех или иных недостатков, снижающих их эффективность, и, как следствие, ограничивающих применение этих способов на практике. Одним из главных характерных недостатков, присущих им, является высокая трудоёмкость при определении прочности хрупких строительных материалов и горных пород, обладающих разбросом механических свойств и сильной зависимостью характеристик прочности от начальной неточности в изготовлении и правильной подготовки образцов, а также невозможность нанесения надрезов на этих образцах указанных материалов. Исходя из этого, ставилась задача по снижению трудоёмкости осуществления способа при определении прочности хрупких строительных материалов и горных пород на изгиб.

Поставленная цель достигалась тем, что согласно способу (А.С. СССР № 1045066. 30.09.83. Бюл. № 36) [1] определения прочности материала при изгибе, заключающемся в том, что в цилиндрическом образце выполняют специальные надрезы и нагружают его до разрушения, регистрируя разрушающую нагрузку и параметры трещинообразования, по которым и судят о прочности материала.

На рисунке 2 показаны разрезы цилиндрической формы испытуемого на изгиб образца в проекциях на вертикальную и горизонтальную плоскости. То есть на этом рисунке изображены три проекции кернового образца диаметром  $d$ , равным 40-90 мм, пропиленного алмазными дисками диаметром  $D$  (на рисунке не показаны).



1 – образец; 2 – надрезы в виде пропилов; 3 – консоли;  $h$  – толщина (расстояние между алмазными дисками) консоли;  $d$  – диаметр образца;  $D/2$  – радиус алмазного диска;  $d - L$  – длина пропила;  $L$  – срединная наибольшая ширина непропиленного (нетронутого) участка с площадью  $S$ ;  $P$  – прикладываемое усилие.

Рисунок 2 – Схема испытания цилиндрической формы образца хрупких строительных материалов и горных пород на изгиб

Согласно рисунку керновой образец для последующего испытания подготавливают следующим образом. В образце 1 с указанным диаметром делают специальные надрезы в виде пропилов (обозначены цифрой 2), например, алмазными дисками. Причём пропиловы 2 выполняют за один раз несколькими алмазными дисками, насаженными на одну общую ось, обозначенную на рисунке в виде точки буквой  $O_2$ , где также схематически показан радиус  $R = D/2$  алмазного диска. При этом кривизны дуг окружностей (кругов) образца и алмазного диска определённо разные. То есть у образца кривизна дуги несколько больше чем у дуги алмазного диска, а именно с той разницей, что при пропиливании кернового образца остаётся расчётный не пропиленный (нетронутый) участок (на рисунке заштрихован) с площадью  $S$ . Проекционная длина дуги образца и

срединная наибольшая ширина нетронутого участка  $S$  на рисунке обозначены соответственно буквами  $a$  и  $L$ .

Согласно рисунку пропилы 2 выполняют перпендикулярно продольной оси кернового (цилиндрической формы) образца расчётной глубиной, равной  $(d - L) = (0,75 \div 0,90)d$ , т.е. при средних значениях указанного отношения и диаметра образца глубина пропила составит 54 мм, а ширина  $L$  не пропиленного участка с площадью  $S$  соответственно будет равняться 11 мм при выбранном среднем значении диаметра образца 65 мм.

Пропилы по высоте (длине) образца, как это показано на рисунке, располагают равномерно на одинаковом друг от друга расстоянии  $h$ , так чтобы это расстояние между алмазными дисками, т.е. толщина (высота) каждой разрушаемой консоли составляла  $(0,14 - 0,33)d$ , что будет равно не менее 15 мм. При указанных расчётных оптимальных размерах параметров подготовленного к испытанию образца, разрушение его происходит в корневых сечениях, образовавшихся между пропилами консолей высотой  $h$ .

Образец испытывают следующим образом. Его нагружение осуществляют последовательным приложением сжимающих усилий  $P$  к консолям 3 (на рисунке приложение сил  $P$  показано к двум крайним консолям в их концевых точках). После этого, как одна из крайних консолей будет разрушена в корневом сечении по площади  $S$ , усилие прикладывают к следующей консоли и так последовательно разрушают все остальные консоли образца. Напряжение, возникающее в поверхностном слое  $i$ -й консоли при разрушении её по площади  $S$ , вычисляют по формуле:

$$\sigma_i = P_i(d - L)/W,$$

где  $P_i$  – разрушающее усилие, кгс;

$d$  – диаметр кернового образца, см;

$L$  – срединная наибольшая ширина участка разрушения, см;

$W$  – момент сопротивления корневого сечения  $S$  у консоли образца.

После окончания испытаний по их результатам определяют среднее значение напряжения  $\bar{\sigma}_{изг}$ , и по его величине судят о прочности образца при изгибе (если керновый образец выбурен вертикальным бурением, то судят о прочности на разрыв (растяжение)  $\sigma_p$  в слоистостях породах).

Использование способа позволяет снизить трудоёмкость при определении прочности хрупких строительных материалов и горных пород путем повышения эффективности использования одного образца и измерений усилий разрушения одинаковых консолей между пропилами.

Предложенные технические решения-изобретения, публикуемые впервые в печати, позволяют снизить затраты и упростить процессы испытаний образцов строительных материалов и горных пород, что

весьма важно для решения различных горнотехнических и других задач, имеющих практическое и научно-теоретическое значения.

Таким образом, разработанные предложения в изучении физико-механических свойств и прочностных характеристик горных пород и хрупких различных строительных материалов, во многом способствуют развитию вопросов и методов испытаний образцов этих материалов и дальнейшему их технико-технологическому совершенствованию за счёт всё новых подходов и конструктивных решений/исполнений в предлагаемых устройствах и методиках.

### **Литература**

1 Нурлыбаев Р.О., Помашев О.П. Изучение физико-механических свойств и прочностных характеристик образцов материала // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2017. - № 8 – С. 32-34.

### **References**

1 Nurlybayev R.O., Pomashev O.P. Izuchenie fiziko-mekhanicheskikh svoystv i prochnostnykh kharakteristik obraztsov materiala (Study of Physical and Mechanical Properties and Strength Characteristics of Material Samples) // Gornyi zhurnal Kazakhstana. – Almaty, 2017. - № 8 – Page 32-34.

ӘОЖ 620.172.24(088.8):691.539.4

### **Резюме**

*Нурлыбаев Р.О.*

*(Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты, Алматы қ)*

*Тау жыныстарымен құрлыс материалдарының үлгілерінің сынақтау, олардың мықтылық мінездемелерін жарып және иіп сындыруда анықтау*

Мақалада бұрындырақ орындалған ғылыми зерттеу жұмыстарында, тау жыныстарының және құрлыс материалдарының үлгілерінің физико-механикалық қасиеттерімен мықтылық мінездемелерін зерттеумен байланысты кейбір нәтижелері қаралған. Аталған үлгілерді жарып сындыруға сынау үшін құрылғы жасалған және үлгілердің иіп сындыру мықтылығын табуда, оларды даярлау тәсілі берілген. Бұл жасалған құрылғы мен тәсіл, көрсетілген үлгілердің сынау процесстерін жеңілдете отырып, оған кететін шығындарды азайтады. Бұл әр түрі таутехникалық және басқадай салаларда да мәселелерді шешуде ғылыми-теориялық және ғылыми-тәжірибелік жағынан өте маңызды.

Түйін сөздер: тау жыныстары; құрылыс материалдары; үлгілер; физико-механикалық қасиеттер; мықтылық мінездемелері; жарып сындыру; иіп сындыру; әртүрлі материалдардың қасиеттерімен мықтылығын зерттеу құрылғылары; үлгілерді даярлау және сынау.



### **Summary**

Nurlybayev R.O.  
(Mining Institute them D.A. Kunaev, Almaty city)

*Testing of rock samples and constructions materials, determination of their bend and tensile strength properties*

*The article describes some results research that have been previously conducted relating to study of physical and mechanical properties and determination of strength characteristics of rock and construction material samples. For that purpose a tensile testing device was designed and a way of samples production and preparation was proposed to determine the bending strength of material. The developed technical solution will help to reduce labour-intensive expenses and simplify the processes of testing the specified material samples which is very important to solve various mining and related problems being of scientific-theoretical and scientific-practical importance.*

*Key words: rocks; construction materials; samples; physical and mechanical properties; strength characteristics; fracture; shift; devices to study (investigate) properties and characteristics of various materials; preparation and testing of samples.*

АСХАТ АСЫЛБЕКОВ

КАЗАҚСТАННЫҢ  
МИНЕРАЛДЫ-ШИКІЗАТ КЕШЕНІ

**КІМНІҢ КІМ екені**

**КТО есть КТО**

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ КОМПЛЕКС  
КАЗАХСТАНА

Алматы  
2016



# ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА ИМ. Д.А. КУНАЕВА

Институт горного дела им. Д.А. Кунаева – один из крупнейших научно-исследовательских центров Казахстана и Центральной Азии, осуществляющий научно-техническое обеспечение горного производства.

Основан 6 декабря 1944 года. С 23 августа 2012 г. преобразован в филиал РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» Комитета промышленности Министерства индустрии и новых технологий РК «Институт горного дела им. Д.А. Кунаева».

С 27 августа 2010 года директором Института является доктор технических наук, профессор, чл.-корр. НАН РК, академик Казахстанской национальной академии естественных наук Буктуков Николай Садуакасович.

В составе Института 6 научных отделов и 15 научных лабораторий, 5 специализированных отделов, библиотека, музей, столовая.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:

- разработка эффективных, экологически чистых и безопасных технологий освоения природных и техногенных месторождений полезных ископаемых;
- прогноз и управление геомеханическими процессами при подземной добыче руд;
- разработка автоматизированных систем управления технологическими процессами, планирования и проектирования горных работ на карьерах;
- механизация подземных и открытых горных работ;
- комплексное освоение недр и техногенного сырья;
- проектно-конструкторские работы;
- консалтинговые услуги в области горного права, экономики горного производства, геоэкологии и геотехнологии;

буровзрывных работ и создания взрывчатых веществ, безопасности ведения горных работ;

- подготовка специалистов высшей квалификации в области горного дела.

## ИНСТИТУТ ИМЕЕТ ЛИЦЕНЗИИ:

- на послевузовское профессиональное образование: магистратура по специальностям: «Горное дело», «Технологические машины и оборудование», «Нефтегазовое дело»;

- на проектирование горных производств по ГЛ №002167 от 29.08.08 г.;

- аттестат от 2 июля 2012 года № 00011761, дающий право проведения работ в области обеспечения промышленной безопасности (горной промышленности), выдан Комитетом по государственному контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью МЧС РК.

С 1971 по 2010 годы защищено 58 докторских диссертаций, в том числе 42 диссертации сотрудниками Института; 344 кандидатских диссертаций, из них 212 диссертаций сотрудниками Института.

Институт более 50 лет выпускает сборник трудов «Научно-техническое обеспечение горного производства».

Признанием заслуг ученых Института является тот факт, что многие из них в свое время были удостоены звания лауреатов Ленинской премии, государственных премий СССР, Казахстана, премий им. академиков К.И. Сатпаева, У. Джолдасбекова, Ш.Е. Есенова, Д.А. Кунаева, Союза ученых и других престижных премий, государственных наград – орденов, медалей, почетных грамот РК, почетных званий.

В настоящее время квалификационный уровень Института определяют: 1 академик НАН РК, 2 чл.-корр. НАН РК, 1 академик КНАЕН, 1 академик МАМР, 3 академика АМР РК, 1 академик МАИИ, 2 академика МАЭ, 1 член-корр. АМР РК, 1 член-корр. НИА РК, 20 докторов и 27 кандидатов наук, 1PhD, опытные специалисты-проектировщики в области подземных и открытых горных работ. Численность – 208 сотрудников.

Республика Казахстан,  
050046, г. Алматы, пр. Абая, 191,  
тел.: +7 (727) 376 53 00,  
факс: +7 (727) 376 52 97,  
e-mail: igdkpms@mail.ru  
www.igd.com.kz







**ЧАБДАРОВА Юлия Ивановна**

1924 жылы 13 қыркүйекте РКФСР Алтай өлкесінің Волчиха ауылында туған. Орыс.

Әкесі – Малков Иван Филиппович, Сталинград түбінде қаза болған. Анасы – Злобина Клавдия Леонтьевна, марқұм.

Қазақ кен-металлургия институтының тау-кен факультетін бітірген (1947), мамандығы – «Рудалы және ұсақ тау жыныстарындағы кен орындарын игеру».

Техника ғылымдарының кандидаты (1958), докторы (1986). Кандидаттық диссертациясының тақырыбы:

«Қабатты қирау жүйесіндегі кен шығарудың онтайлы тәртібі (Төкелі кеніші жағдайындағы)». Докторлық диссертациясының тақырыбы: «Әлсіз көрініс табытын қатпарлық жағдайындағы рудалы кен орындарын игеру бағысындағы тау-кен қысымын басқарудың ғылыми негіздері». Д.А. Қонаев атындағы тау-кен ісі институтының «Пайдалы қазбалар кен орындарын жерасты игеру» мамандығы бойынша профессоры (1991 жылдан).

«Жезқазғанның антиклинальді құрылымдарындағы тау-кен қысымы» (1980), «Тау-кен қысымын

басқару. Жезқазған кен орнындағы қатайтын төсеме қолданылатын кен игеру жүйелері» (1988), «Қазақстанның минералдық шикізатын кешенді еңдеу (жағдайы, проблемалары, шешімі)» (2003) монографияларының тең авторы; «Қазақстанның минералдық шикізатын кешенді еңдеу» монографиясының (2008); түрлі отандық және шетелдік басылымдардағы 151 мақаланың авторы.

«Қатайтын массивтің сынамаларын іріктеуге арналған құрылғы» (1987), «Топырақ жабындысы жыныстары жылжуының төсемелі массивінің шегуін анықтауға арналған құрылғы» (1988), «Камераларды орнату тәсілі» (1989), «Жарықшақты кен жыныстарына торкреттеудің нығайтушы әсерін сынау тәсілі» (1990), «Рудалы көндерді игеру тәсілдері» (1991) еңбектеріне авторлық куәліктері бар.

Орыс және ағылшын (сөздікпен) тілдерін біледі.

КОКП мүшесі (1965–1991).

1947 жылдан – Балқаш кен-металлургия техникумының кен ісі пәндерін оқытушысы. 1949 жылдың тамыз айынан – Абай атындағы Қазақ педагогикалық институтының ғылыми хатшысы. 1949 жылдың қазан айынан – ҚазКСР ҒА Тау-кен ісі институты кен орындарын игеру зертханасының кіші ғылыми қызметкері, 1960 жылдан – тау-кен қысымы зертханасының аға ғылыми қызметкері, 1979 жылдың қыркүйек айынан – тау-кен қысымы зертханасының меңгерушісі м.а., 1979 жылдың қазан айынан – тау-кен қысымы зертханасының меңгерушісі, 1986 жылдан – тау-кен қысымы және кен шығу орындарын бекіту зертханасының меңгерушісі.

1989 жылдан бері – Д.А. Қонаев атындағы тау-кен ісі институты тау-кен қысымы зертханасының бас ғылыми қызметкері.

ҚазКСР ҒА ТКІИ техникалық қызметкерлеріне арналған марксизм-ленинизм негіздері мектебінің жетекші-насихатшысы; Д.А. Қонаев атындағы ТКІИ

ғылым кандидаттары мен докторларына арналған философиялық-әдіснамалық семинардың тең жетекшісі (1991 жылға дейін); ТКІИ партия ұйымы хатшысының идеология мәселелері жөніндегі орынбасары, Д.А. Қонаев атындағы ТКІИ жанындағы мамандандырылған ғылыми кеңестің мүшесі (1987 жылдан); «Геомеханика» ҒЗЖ Бірінші бөлімінің (блогының) жетекшісі; Орта Азия мен Қазақстанның аймақтық ғылыми кеңесінің мүшесі (Бішкек қаласы).

Академик Ш.Е. Есенов атындағы сыйлықтың жүлдегері (2007). «Ерен еңбегі үшін. В.И. Лениннің туған күніне 100 жыл толуына орай», «Еңбек ардагері» медальдарымен; 3-ші, 2-ші, 1-ші дәрежелі «Кенші данқы» төс белгісімен (2003, 2006, 2007); ҚР (2005), КСРО түрлі ұйымдарының, ҚазКСР, ҚазКСР ҒА Тералқасының, ҚР Минералдық шикізатты кешенді еңдеу ұлттық орталығының құрмет грамоталарымен марапатталған. Д.А. Қонаев атындағы ТКІИ Құрметті ғылыми қызметкері (2001). Д.А. Қонаев атындағы ТКІИ қызметкерлерінен сұрау алу нәтижелері бойынша «200–Жыл адамы» (2002).

Діни көзқарасы – православие.

Саяси қайраткер ретіндегі идеалы – «Жоғары білімді, адал және парасатты адам».

Қазақстанның болашағы жайлы болжамы – «Қазақстан Республикасын импорттан босатып (ол үшін республикада қажеттінің бәрі бар), халықты саудаға өмес, еңбекке тарту үшін, келешегімізді өнеркәсіптік өндіріс пен ауыл шаруашылығын дамытудан көреміз».

Хобби – өлемнің түрлі елдерінен көдесейлар топтамасын жинау.

Сүйіп оқитын әдебиеті – тарихи әдебиет, ҰОС ардагерлерінің естеліктері.

Жесір. Жұбайы – Чабдаров Надим Мусич, марқұм, геолог болып жұмыс істеген. Қыздары – Чабдарова Найля Надимовна (1950 ж. т.), зейнеткер; Белоносова Галина Надимовна (1955 ж. т.), зейнеткер.

## ЧАБДАРОВА Юлия Ивановна

Родилась 13 сентября 1924 года в селе Волчиха Алтайского края РСФСР. Русская.

Отец – Малков Иван Филиппович, погиб под Сталинградом. Мать – Злобина Клавдия Леонтьевна, ныне покойная.

Окончила горный факультет Казахского горно-металлургического института (1947), специальность – «Разработка рудных и россыпных месторождений». Кандидат (1958), доктор (1986) технических наук. Тема кандидатской диссертации: «оптимальный режим выпуска руды при системе этапного обрушения (в условиях рудника Текели)». Тема докторской диссертации: «Научные основы управления горным давлением при разработке рудных месторождений в условиях слабовыраженной складчатости». Профессор института горного дела им. Д.А. Кунаева по специальности – «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» (с 1991).

Соавтор монографий: «Горное давление в антиклинальных структурах Джезказгана» (1980), «Управление горным давлением. Системы разработки с твердеющей закладкой на Джезказганском месторождении» (1988), «Комплексная переработка минерального сырья Казахстана (состояние, проблемы, решения)» (2003); автор монографии «Комплексная переработка минерального сырья Казахстана» (2008); 151 статьи в различных отечественных и зарубежных изданиях.

Имеет авторские свидетельства на изобретения: «Устройство для отбора проб затвердевающего массива» (1987), «Устройство для определения усадки закладочного массива смещений пород кровли почвы» (1988), «Способ закладки камер» (1989), «способ испытания упрочняющего действия торкрети-

рования на трещиноватые горные породы» (1990), «Способ разработки рудных залежей» (1991).

Владеет русским и английским (со словарем) языками.

Член КПСС (1965–1991).

С 1947 года – преподаватель горных дисциплин Балхашского горно-металлургического техникума. С августа 1949 года – ученый секретарь Казахского педагогического института им. Абая. С октября 1949 года – младший научный сотрудник лаборатории разработки рудных месторождений, с 1960 года – старший научный сотрудник лаборатории горного давления, с сентября 1979 года – и.о. заведующего, с октября 1979 года – заведующая лабораторией горного давления, с 1986 года – заведующая лабораторией горного давления и крепления выработок института горного дела АН КазССР.

С 1989 года по настоящее время – главный научный сотрудник лаборатории горного давления института горного дела им. Д.А. Кунаева.

Руководитель-пропагандист школы основ марксизма-ленинизма для технического персонала ИГД АН КазССР; соруководитель философско-методологического семинара для кандидатов и докторов наук ИГД им. Д.А. Кунаева (до 1991); заместитель секретаря партийной организации по идеологическим вопросам ИГД, член специализированного ученого совета при ИГД им. Д.А. Кунаева (с 1987); руководитель первого раздела (блока) НИР «Геомеханика»; член регионального ученого совета Средней Азии и Казахстана (г. Бишкек).

Лауреат премии им. академика Ш.Е. Еснова (2007). Награждена медалями «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина»,

«Ветеран труда»; нагрудным знаком «Кенші данқы» 3, 2, 1 степеней (2003, 2006, 2007); почетными грамотами РК (2005), различных организаций СССР, КазССР, Президиума АН КазССР, «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья РК». Почетный научный сотрудник ИГД им. Д.А. Кунаева (2001). «Человек года–2002» по результатам опроса сотрудников ИГД им. Д.А. Кунаева (2002). Религиозные взгляды – православие. Идеал политического деятеля – «Высокообразованный, честный и порядочный человек». Прогноз будущего Казахстана – «Вижу будущее в

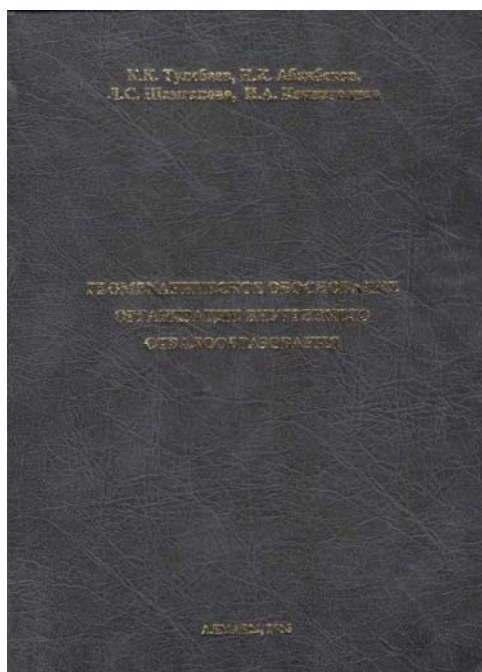
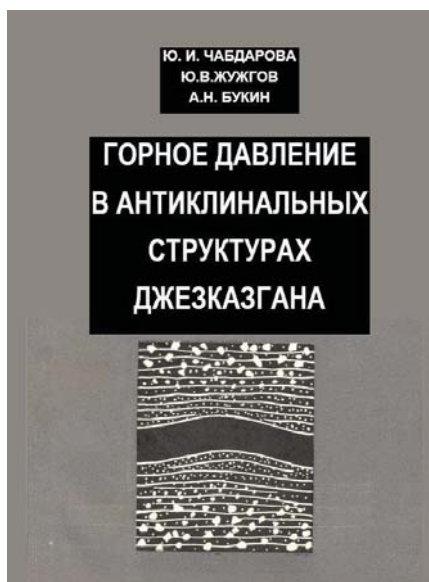
развитии промышленного производства и сельского хозяйства, чтобы освободить РК от импорта (в республике все для этого есть) и приобщить население к труду, а не к торговле».

Хобби – коллекционирование сувениров из разных стран мира.

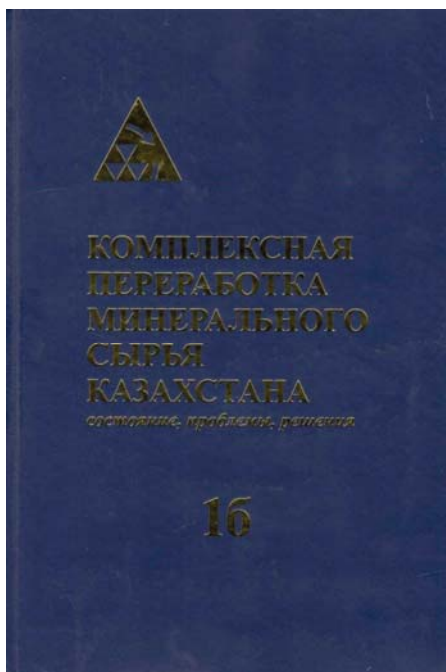
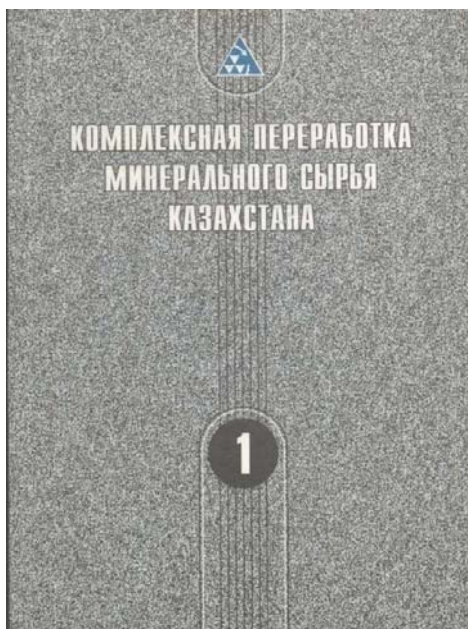
Литературные пристрастия – историческая литература, мемуары участников ВОВ.

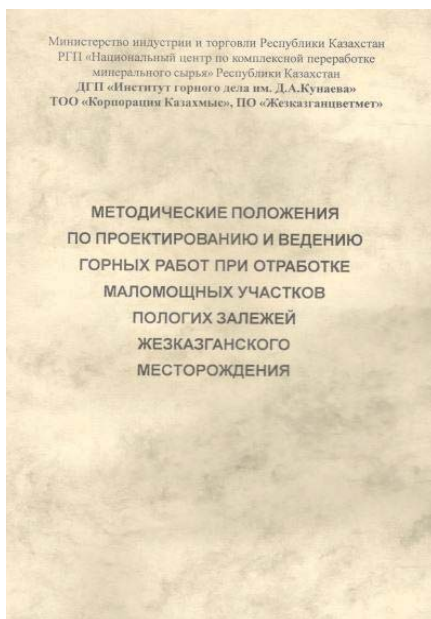
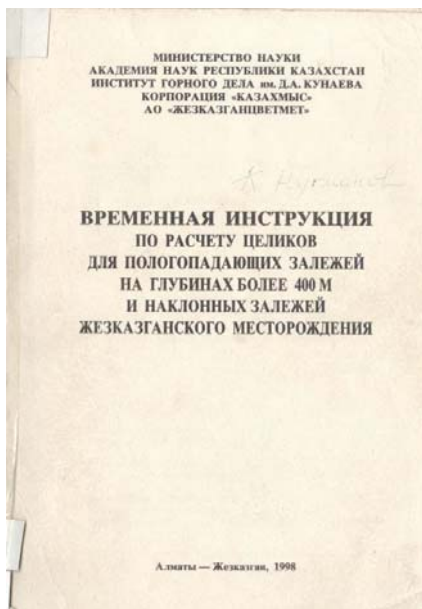
Вдова. Супруг – Чабдаров Надим Мусич, ныне покойный, работал геологом. Дочери – Чабдарова Найля Надимовна (1950 г. р.), пенсионерка; Белоносова Галина Надимовна (1955 г. р.), пенсионерка.

## Основные труды Чабдаровой Юлии Ивановны















1953 год. Женский коллектив ИГД АН Каз.ССР



**1972 год. С коллегами из лаборатории «Сдвигение горных пород» (чл.-корр. НАН РК Канлыбаева Ж.М., к.т.н. Клиновицким Ф. И., к.т.н. и подругой Жуковой С.Г.)**



**1973 год. С коллегами Жуковой С.Г., Жалгасовым Н.Ж. и Жужговым Ю.В. (ученик Чабдаровой Ю.И.)**



**1980 год. Лаборатория горного давления на демонстрации**



**1987 год. С коллегами на демонстрации**



1990 год. г.Новосибирск. Международная конференция по геомеханике





2004 год. Сакадемиком АН Респубблики Узбекистана Рахимовым В.Р. и Нугмановым К.Х.



2004 год. Алматы. Институту горного дела – 60 лет



**2005 год. За рабочим столом**





**2007 год. Юлия Ивановна с проф. Ш.М. Айталиевым и коллегами из ИГД Нугмановым К.Х. и Жансугуровым С.И.**



**2007 год. Вручение премии им. Ш.Е. Есенова**



**2007 год. Приезд Мектешева М.Г. из Америки в гости  
(ученик Юлии Ивановны)**



**2007 год. С коллегой и соратником Нугмановым К.Х.**



**2008 год. Присвоение лаборатории горного давления имени основоположника школы геомехаников Института горного дела им. Д.А. Кунаева Мусина Алихана Чужебаевича – наставника Юлии Ивановны.**



**2008 год. Сотрудники ИГД**





**2009 год. 85-летие профессора Ю.И. Чабдаровой**



**2009 год. Поздравления лаборатории горного давления с 85-летием**



**2009 год. Рабочие будни ученого – Ученый совет по защите диссертаций**



2012 год. Встреча с коллегами из ИШКОН РАН (д.т.н. Милегенко И.В. и Одинцев В.Н.)





**2012 год. Напутствия молодым**



**2012 год. С ветеранами и участниками войны**



**2013 год. 90-летие член корр. НАН РК Канлыбаевой Ж.М.**



**2013 год. Чествование проф. Бектыбаева А.Д.**



**2014 год. 90-летие Юлии Ивановны**



**2014 год. 90-летие Юлии Ивановны. Юлия Ивановна со своей ученицей Ляззат Шамгановой**





**2015 год. С другом и помощником Дильшат Саметовичем**



**2015 год сентябрь. 70-летие ИГД, Орден Құрметті кенші**

**Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Утешов Е.Т., Текенова А.Т.**  
(Институт горного дела имени Д.А. Кунаева, г. Алматы)

## **О ХОДЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАЗАХСТАНА**

*Аннотация. В статье раскрывается экспертное мнение о состоянии вопроса, по цифровизации и развитию информационных технологий в области горного дела. Автор анализирует содержание сегодня реализуемой в стране программы цифровизации горно-металлургического комплекса и высказывает своё мнение о положительных моментах и не соответствиях их целям и задачам Государственной программы «Цифровой Казахстан». Раскрывается конкретный пример действий КазНАЕН, предпринимающих усилия по консолидации имеющегося потенциала в данной области и их целесообразности. Основным выводом по статье является утверждение о необходимости комплексного подхода в развитии местного научно-методического и кадрового потенциала по развитию информационных технологий, обеспечивающих эффективную технологическую модернизацию горно-металлургического комплекса Казахстана.*

*Ключевые слова: цифровизация, оптимизация, горно-металлургический комплекс, горнотранспортные работы, планирования, геотехнологический комплекс, эффективность.*

В настоящее время в Казахстане реализуется государственная программа «Цифровой Казахстан», которая призвана обеспечить в стране условия для индустриального прорыва на уровень «Индустрия 4.0». Основной целью Программы является прогрессивное развитие национальной цифровой экосистемы для достижения устойчивого экономического роста, повышения конкурентоспособности экономики и нации, а также улучшения качества жизни населения. Вместе с этим, как показывает анализ хода развития страны в этом направлении, дела обстоят не совсем так, как ожидалось или как этого хотелось бы. Складывается впечатление, что реализуется стремление к цифровизации любой ценой и не важно на какой качественной основе. Одним из таких мнений является высказывание эксперта по цифровым трансформациям Багдата Мусина, с которым нельзя не согласиться [1]. Он отмечает, в частности, что важно двигать не саму цифровизацию, а реформы отраслей, реформы взаимодействия. Как эксперт правильно утверждает, цифровизация – это всего лишь инструмент, которым надо умело пользоваться. Для этого нужен практический опыт работы в отраслях, только тогда можно научиться анализировать ситуации исходя из имеющейся информации, грамотно выстраивать её, отслеживать причинно-следственные связи событий. Это помогает объективно взглянуть на ситуацию с разных сторон и своевременно предложить оптимальное решение. Однако, в стране взят курс на цифровизацию

преимущественно чужими руками и не по своему усмотрению. Особенно наглядно это можно проследить на примере анализа хода развития цифровизации в горно-металлургическом комплексе Казахстана. О фактическом состоянии дел в данном направлении можно судить по данным из отчета АО «КИРИ», посвященном разработке мер и рекомендаций по внедрению комплексных информационно-технологических подходов к извлечению твердых полезных ископаемых в 2018 году [2]. Согласно основным выводам по современному состоянию по вопросам развития информационных технологий в отрасли отмечается следующее:

- более 95% импортных информационно-технических продуктов (большой риск информационной, промышленной, экономической и социальной безопасности);
- в Казахстане имеется значительный потенциал научно-технологических наработок в сфере геологоразведки, добычи, обогащения и металлургического передела полезных ископаемых и наличие сохранившегося кадрового потенциала;
- освоение импортных информационно-технических систем происходит только на нижних технических уровнях модернизации (не формируются необходимые для развитой страны компетенции);
- все информационно-технические продукты разрознены и слабо адаптированы к бизнес-процессам предприятий. (отсутствуют единые концепции формирования информационных систем предприятий);
- не развиваются автоматизированные системы поддержки управленческих решений (требуется соответствующее научно-методическое обеспечение);
- на 60 % предприятий отсутствуют аналитические группы (основной фактор Аналитики 2.0 и 3.0);
- эффективность применения информационных системы либо средняя, либо низкая (мнение IT-менеджеров и руководителей предприятий);
- информационные системы практически отсутствуют на малых и средних предприятиях отрасли (Они не рентабельны в этих условиях);
- информационные системы предприятий не интегрированы в общеотраслевую информационную систему (цифровизация на уровне отрасли может обеспечить более качественную координацию в управлении, эффективную реализацию инвестиционной и инновационной политик).

По представленным выводам очевидно, что предпринимаемые меры не приводят к запланированным результатам и о развитии национальной экосистемы цифровизации или развития информационных технологий тут речь просто быть не может. Если попробовать разобраться в причинах такого положения дел, то можно увидеть, что в стране ход цифровизации горно-металлургического комплекса оценивается по шести крупнейшим

предприятиям отрасли, которые позиционируются как модельные цифровые фабрики. Конечной целью принято формирование «умного завода» (цифровое производство, человеко-роботное взаимодействие). Всё поэтапно планируется подвести под уровень Индустрии 4.0. Такой подход в оценке и определении перспектив хода цифровизации принципиально не приемлем по ряду важных причин.

Положительным является то, что рассматриваются крупнейшие горнодобывающие и горно-металлургические компании – Усть-Каменогорский ТМК, Каз-Цинк, Арселомитал, Казахмыс, ERG, Алтыналмас, охватывающие почти 80-90% отечественного ГМК. Однако, если оценивать содержание проектов цифровизации и развития информационных систем этих компаний, то можно увидеть, что практически все они основываются на импортных продуктах. Инициаторами этих проектов в этих компаниях являются их IT-менеджеры, а не специалисты технологи. Практически во всех указанных компаниях, кроме Алтыналмас, нет единых концепций формирования общепроизводственных информационных систем. Концепция цифровизации и формирования «умного рудника» в компании Алтыналмас, как и на других крупных предприятиях отрасли, имеет также один, но существенный недостаток, который заключается в базировании на импортных продуктах. При этом, менеджеры предприятий, отвечающие за развитие информационных технологий, довольно искренне не понимают почему им необходимо развивать местный потенциал в этом направлении. Таких задач не ставится, и они сознательно не реализуются. Практически аналогичная ситуация наблюдается и в нефтегазовой отрасли страны [3].

Последствия жесткой ориентации в процессе цифровизации и развитии информационных систем компаний хорошо изложены в выводах отчета АО «КИРИ». Они касаются как непосредственно эффективности такого рода информационного обеспечения, так и вопросов промышленной, социально-экономической и даже государственной безопасности. Это напрямую связано с призрачными перспективами обеспечения конкурентоспособности и устойчивости как самих компаний, так и отечественных горнодобывающей и горно-металлургической отраслей промышленности в целом.

Если в отношении общепроизводственных информационных систем вопрос стоит в максимальной адаптации их к имеющимся в компаниях бизнес процессам, с последующей уникальной модернизацией, обусловленной уникальностью этих компаний, то, информационные продукты технологической направленности должны стать предметом деятельности отечественных специалистов-технологов и научных работников, являющихся реальным научно-инновационным потенциалом и обеспечением целенаправленной технологической модернизации на производстве этих компаний. В обоих случаях, главным условием



благополучной перспективы и реального выхода на уровень Индустрии 4.0 является формирование и развитие местного научно-инновационного потенциала цифровизации и создания информационных технологий, как и эффективной технологической модернизации в отрасли.

Базирование развития информационных технологий и технологической модернизации на местном научно-инновационном потенциале процессов цифровизации, должно осуществляться не столько исходя из патриотической мотивации, сколько из понимания объективности этих процессов. Качественное и эффективное развитие технологий на уровне Индустрии 4.0 обусловлено качеством и адаптированностью используемых информационных систем, что возможно лишь при базировании приоритетно на собственном научно-методическом и техническом потенциале, как это следует из рисунка 1. Это базовая истина процесса взаимосвязанной и взаимообусловленной модернизации общества, государства, промышленности, отрасли, региона, предприятия и личности – основы этого процесса. На псевдоинновациях в этих сферах, высокой эффективности модернизации общества и его субъектов не происходит. Государственные и общественные силы, реализуемая в стране промышленная политика должны быть четко направлены на развитие местных соответствующих компетенций, инструментов и механизмов.

Судя по реализуемым в стране мерам, современные государственные и, если можно так сказать, общественные силы отводят для себя функцию лишь сбора информации о процессе цифровизации ГМК и формирования общих выходных показателей по ним, основываясь практически полностью, на мнении самих предприятий. Мнение же предприятий, неизбежно, является конъюнктурным, что соответствует их бизнес целям и задачам, а также с большой долей вероятности ошибочным, так как собственных адекватных компетенций по адаптации импортируемых технологий они не имеют. Связи с отечественной наукой у них имеют чисто формальный характер.

К примеру, понятие «умный рудник» и «цифровизация производства» с внедрением автоматизированной системы диспетчеризации горнотранспортных работ на ряде крупных карьерах страны имеют весьма незначительную связь. У этих систем реализована лишь базовая функция, связанная с учетом, контролем и оперативным управлением технологическим оборотом.



Рисунок 1. - Факторы устойчивого развития информационных систем ГМК РК

В условиях «умного рудника» интеллектуальная составляющая обеспечивает обоснованное принятие управленческих решений применительно к функционированию геотехнологического комплекса в целом. А это куда более расширенный учет и контроль, а также функции нормирования, стимулирования, планирования, организации, чего системы диспетчеризации не обеспечивают. Цифровизация работы технологического оборудования, это совсем незначительная доля цифровизации процесса функционирования геотехнологического комплекса и процессов управления им в целом. Реализовать этот процесс грамотно и профессионально могут лишь технологи. А развитие, модернизацию и переход на новый инновационный уровень используемых технологий может обеспечивать только специализированный на этом научно-инновационный потенциал, жестко ориентированный на данный геотехнологический комплекс. Сегодня этот потенциал в разработке комплекса мер, а также государственных программ развития процессов цифровизации и информационных систем в ГМК, участия практически не принимает, а это говорит о бесперспективности такого рода мер. Это мы наблюдаем уже на протяжении почти 30 лет. Большая доля средств, вырученная от освоения отечественных месторождений (около 220 млрд. тенге), идет на развитие зарубежного научно-инновационного потенциала, который слабо адаптирован к тем технологиям, которые применяются на отечественных горнодобывающих и горно-металлургических предприятиях. Эти технологии, имея общемировую базу, должны быть максимально адаптированы под местные горнотехнические, горно-

геологические, экономические и организационные условия. Их эффективное регулирование может обеспечить максимально адекватная цифровизация и адекватные информационные технологии. Без этого, на этапе Индустрии 4.0 предприятия горнодобывающего и горно-металлургического комплексов страны просто не имеют шансов быть конкурентоспособными и устойчиво развивающимися, что означает неконкурентоспособность страны в освоении своего минерально-сырьевого комплекса, а для Казахстана неконкурентоспособность промышленности, экономики и страны в целом.

Все заявленные в мониторинге хода цифровизации ГМК проекты должны пройти экспертную экспертизу на предмет их эффективности и целесообразности для перспектив развития цифровизации и информационных технологий в отрасли, для обеспечения с их применением технологической модернизации. В этом видится организующая и направляющая роль соответствующих государственных и общественных организаций Республики Казахстан на условиях государственно-частного партнерства, в рамках реализуемой национальной политики. Аналогичный подход должен быть и в случае формирования ГПФИИР 3 в Казахстане. Все критериальные показатели такого рода программ и их значения должны быть научно обоснованы.

Примером эффективного государственного и национального подхода являются конкретные шаги КазНАЕН, которая для реализации МИИР РК выше обозначенного и единственно верного подхода, в настоящее время сформировала научно-техническую программу, призванную собрать и скоординировать национальный научно-методический и инновационный потенциал по цифровизации и развитию информационных технологий, обеспечивающих эффективную технологическую модернизацию отечественных горнодобывающего и горно-металлургического комплексов. Пять проектов Программы представляют из себя инновации, по своим функциям и потенциалу опережающими общемировой уровень. Они во-многом отражают специфику применяемых в Казахстане технологий, так как разрабатывались специально под них и для их развития.

В рамках предлагаемой КазНАЕН научно-технической программы эффективной мерой является создание Единой информационной системы ГМК (пока прототип ЕИС горнодобывающего комплекса), призванной реализовать цифровизацию и эффективное регулирование, посредством обоснованного планирования, горно-металлургической отрасли Казахстана. Это позволит осуществлять выверенную инновационную, ясную инвестиционную и эффективную промышленную политики в развитии отрасли. Реализация данной программы есть базовая мера по развитию ГМК до 2025 года. Эта мера прописана в Мастер-плане развития горно-металлургического комплекса Казахстана до 2030 года, разработанного в 2012 году АО «КИРИ».

В заключении важно отметить, что международные организации в лице ОЭСР и других видят повышение конкурентоспособности экономики страны в прозрачной отчетности по процессам недропользования, а также в адаптации нормативно-законодательной базы Казахстана в данной области к международным требованиям, что, по их мнению, решает главную проблему страны, заключающуюся в росте инвестиционной привлекательности минерально-сырьевой базы [4]. Все иностранные инвесторы видят укрепление своих позиций в привлечении проверенных технологий, в том числе и информационных. Однако, гораздо большую опасность для экономики и промышленности страны является практически полная технологическая зависимость от внешнего мира и деградация собственного кадрового потенциала. Одно только это резко снижает отечественную конкурентоспособность и повышает нестабильность экономического развития страны. Важно чтоб именно эти аспекты были приоритетами национальной промышленной политики. Это единственно верный путь в направлении построения экономически развитой и независимой страны.

### Литература

1. Багдат Мусин. Важно двигать не саму цифровизацию, а реформы отраслей /[https://kapital.kz/tehnology/79884/vazhno-dvigat-ne-samu-cifrovizaciyu-a-reformy-otraslej.html?utm\\_source=mail.ru&utm\\_medium=informner](https://kapital.kz/tehnology/79884/vazhno-dvigat-ne-samu-cifrovizaciyu-a-reformy-otraslej.html?utm_source=mail.ru&utm_medium=informner).
2. Отчет о результатах проделанной работы по разработке мер и рекомендаций по внедрению комплексных информационно-технологических подходов к извлечению твердых полезных ископаемых, выполненный АО «КИРИ» в рамках договора возмездного оказания услуг № 83 от 04 июня 2018 года.-2018.-86с.
3. От первой скважины до интеллектуального месторождения. Как добывают нефть в западном Казахстане/[https://informburo.kz/stati/ot-pervoy-skvazhiny-do-intellektualnogo-mestorozhdeniya-kak-dobyvayut-neft-v-zapadnom-kazahstane.html?utm\\_campaign=18983678&utm\\_medium=banner&utm\\_content=44967571&utm\\_source=news.mail.ru](https://informburo.kz/stati/ot-pervoy-skvazhiny-do-intellektualnogo-mestorozhdeniya-kak-dobyvayut-neft-v-zapadnom-kazahstane.html?utm_campaign=18983678&utm_medium=banner&utm_content=44967571&utm_source=news.mail.ru)
4. Реформирование горной промышленности в Казахстане: инвестиции, устойчивое развитие, конкурентоспособность/ Отчёт OECD Глобальные отношения Программа по повышению конкурентоспособности стран Евразии/-2018.-48с.

### References

1. Bagdat Musin. Vazhno dvigat' ne samu tsifrovizatsiyu, a reformy otrasley /[https://kapital.kz/tehnology/79884/vazhno-dvigat-ne-samu-cifrovizaciyu-a-reformy-otraslej.html?utm\\_source=mail.ru&utm\\_medium=informner](https://kapital.kz/tehnology/79884/vazhno-dvigat-ne-samu-cifrovizaciyu-a-reformy-otraslej.html?utm_source=mail.ru&utm_medium=informner).
2. Otchet o rezul'tatakh prodelannoy raboty po razrabotke mer i rekomendatsiy po vnedreniyu kompleksnykh informatsionno-tekhnologicheskikh podkhodov k izvlecheniyu tverdykh poleznykh iskopayemykh, vypolnennyy AO «KIRI» v ramkakh dogovora vozmeznogo okazaniya uslug № 83 ot 04 iyunya 2018 goda.-2018.-86s.
3. Ot pervoy skvazhiny do intellektual'nogo mestorozhdeniya. Kak dobyvayut neft' v zapadnom Kazakhstane/<https://informburo.kz/stati/ot-pervoy-skvazhiny-do-intellektualnogo-mestorozhdeniya-kak-dobyvayut-neft-v-zapadnom->

kazakhstan.html?utm\_campaign=18983678&utm\_medium=banner&utm\_content=44967571&utm\_source=news.mail.ru

4. Reformirovaniye gornoy promyshlennosti v Kazakhstane: investitsii, ustoychivoye razvitiye, konkurentosposobnost'/ Otchot OECD Global'nyye otnosheniya Programma po povysheniyu konkurentosposobnosti stran Yevrazii/-2018.-48с.

ӨОЖ 622. 73:622.271.4

### **Резюме**

Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Утешов Е.Т., Текенова А.Т.  
(Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты Алматы қ.)

*"Қазақстанның тау-кен металлургиялық кешенін цифрландыру барысы туралы*

Мақалада тау-кен ісі саласындағы ақпараттық технологияларды цифрландыру және дамыту мәселесі туралы сараптамалық пікір ашылады. Автор бүгінгі күні елімізде жүзеге асырылып жатқан тау-кен металлургия кешенін цифрландыру бағдарламасының мазмұнын талдайды және оң сәттер мен олардың "Цифрлық Қазақстан" мемлекеттік бағдарламасының мақсаттары мен міндеттеріне сәйкес келмеуі туралы өз пікірін білдіреді. Осы салада бар әлеуетті шоғырландыру және олардың орындылығы бойынша күш-жігер жұмсайтын Қазғаун іс-әрекетінің нақты мысалы ашылады. Бап бойынша негізгі қорытынды Қазақстанның тау-кен металлургиялық кешенін тиімді технологиялық жаңғыртуды қамтамасыз ететін ақпараттық технологияларды дамыту бойынша жергілікті ғылыми-әдістемелік және кадрлық әлеуетті дамытуда кешенді тәсіл қажеттігі туралы бекіту болып табылады.

Түйінді сөздер: цифрландыру, оңтайландыру, тау-кен металлургия кешені, тау-кен тасымалы, жоспарлау, геотехнологиялық кешен, тиімділік.

UDC 622. 73:622.271.4

### **Summary**

S. J. Galiev, Galiev D. A., Uteshev, E. T., A. T. Tekenov  
(Mining Institute named after D.A. Kunayev, Almaty)

*"On the digitalization of the mining and metallurgical complex of Kazakhstan"*

The article reveals an expert opinion on the state of the issue on digitalization and the development of information technologies in the field of mining. The author analyzes the content of the digitalization program for the mining and metallurgical complex currently implemented in the country and expresses his opinion about the positive aspects and the inconsistencies with their goals and objectives of the State Program "Digital Kazakhstan". A concrete example of KazNAEN's actions, taking efforts to consolidate the existing potential in this area and their feasibility, is revealed. The main conclusion of the article is the statement about the need for an integrated approach in the development of the local scientific, methodological and personnel potential for the development of information technologies that provide effective technological modernization of the mining and metallurgical complex of Kazakhstan.

Key words: ditalization, organization, mining and metallurgical complex, mining transportation, planning, geotechnological complex, efficiency.

**Булат А.Ф., Давыдов С.Л., Холявченко Л.Т., Опарин С.А.**  
(Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН  
Украины, г.Днепр, Украина)

## **ПАРОПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕЗ- ГАЗА И МОТОРНОГО ТОПЛИВА ИЗ УГЛЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Аннотация. В работе приведен анализ автотермических технологий, показана перспективность пароплазменной технологии переработки угля в синтез-газ и представлены основные результаты исследований, выполненные авторами, аллотермической пароплазменной технологии углеродсодержащих сред. Произведено сравнение показателей производства синтетического моторного топлива (СМТ) из природного газа с показателями его производства из угля, полученных соответственно с применением упомянутых технологий, установлены зоны экономической эффективности производства СМТ в зависимости от стоимости исходного сырья и цен на вводимую энергию.*

*Ключевые слова: уголь, превращение, пароплазма, технология, газификация, синтез-газ, синтетическое моторное топливо, эффективность.*

Широкое использование нефти и газа в теплоэнергетике, химсинтезе и в металлургии позволило интенсифицировать производственные процессы, увеличить производительность труда, улучшить санитарно-гигиенические условия, снизить уровень загрязнения окружающей среды. Дальнейшее всевозрастающее развитие мировой экономики увеличивало потребительский спрос на эти топливно-энергетические ресурсы, вело к бесконечному наращиванию их добычи и, как следствие, к неизбежному истощению запасов. Доля использования нефти в мировом энергетическом балансе уже к 2015г. составляла 35%, а годовой объем добычи вырос до 4580 млн. т. «Дешевая» нефть, себестоимостью 25 дол/барр., закончилась еще в 2005 г., а по прогнозам Международной энергетического агентства (МЭА), рост ее добычи прекратится уже к 2030 году [1]. В начале текущего столетия мировая цена на нефть достигнет 147 дол/барр., цены на природный газ также непрерывно растут. В этих условиях поиск источников энергии альтернативных нефти и газу, развитие энергосберегающих технологий станут необратимыми, превращаются в актуальную задачу, особенно при производстве моторных топлив, где используется до 70% добываемой нефти [2]. Альтернативой нефти и газу является уголь, мировые запасы которого оцениваются в триллионы тонн, равномерно распределенные по регионам земного шара. При нынешних темпах потребления, угля достаточно на 250-300 лет при относительно высокой стабильности его цены. Переход мировой энергетики на альтернативные источники энергии, в том числе на уголь, неизбежный [3].

Проблема перехода к альтернативным источникам энергии уже в настоящее время остро стоит в Украине, где запасы нефти практически исчерпаны или ее добыча ограничена сложностью залегания на больших глубинах. В тоже время Украина обладает значительными запасами каменного и бурого углей, составляющих более 100 млрд. тонн, а разведанных и подтвержденных (по данным British Petroleum Statistical) более 33,8 млрд. тонн [4]. Однако уголь «проблемный» энергоноситель, что проявляется в технологиях его добычи и последующего использования. Непрерывно понижаются добычные горизонты, увеличивается газонасыщенность и напряженное состояние массива, проявляющееся выбросами угля и газа, непрерывно снижается его качество, увеличивается диспропорция в балансе разведанных и добываемых, богатых и бедных, коксующихся, энергетических и бурых углей. Основную часть (около 65%) балансовых запасов углей Украины составляют низкометаморфизированные угли марок Б, Д, ДГ, энергетические угли низкой калорийности, угли с повышенной влажностью, зольностью, сернистостью и засоленностью, мало приспособленные к использованию в технологиях прямого сжигания [5]. К тому же, уголь экологически «грязное» энергетическое сырье. При его обогащении и последующем использовании прямым сжиганием угрожающими темпами накапливаются шламы, зола, а тонны пыли, вредные и токсичные соединения выбрасываются в окружающую среду. Очевидно, что на смену технологиям прямого сжигания углей должны прийти новые, экологически чистые технологии безопасного и комплексного его использования.

Известны автотермические технологии предварительной подготовки углеродсодержащих сред путем перевода их в газообразное состояние и последующего его использования в теплоэнергетике, металлургии и химической промышленности, в том числе при производстве синтетического моторного топлива (СМТ) по технологиям Фишера-Тропша. Разработанные в начале прошлого века технологии Lurgi, Winklera, Koppers-Totzek, Техасо (первое поколение) и последующие варианты их развития и совершенствования: Ryr-gaz, KRW, U- gaz, Shell, Prenflo, British-gaz и др. (второе поколение), построены на основе прямого сжигания части газифицируемого продукта для запуска и поддержания эндотермических реакций термопревращений [6]. Технологии характеризуются высоким уровнем капиталовложений из-за громоздкого и металлоемкого оборудования термопревращений и производства окислительной среды – кислорода высокой (95%) степени очистки. Низкая скорость термопревращений, степень переработки углерода и цикличность процесса, недостаточный уровень деструкционных процессов превращений вредных и токсичных соединений обусловлены низкой граничной температурой  $(1,4-1,8) \cdot 10^3 \text{K}$  в реакционном пространстве. Из-за прямого сжигания угля в атмосферу выбрасывается



12-20% CO<sub>2</sub>, что провоцирует ряд экологических проблем, а полезный продукт засоряется балластными продуктами прямого сжигания. Эти недостатки являются основным препятствием на пути широкого распространения автотермических технологий [7,8]. Их устранение может быть достигнуто путем создания в реакционном пространстве высокотемпературных, управляемых по ряду теплофизических параметров локальных зон, отличающихся высокими параметрами рабочих режимов. Наиболее полно этому отвечают разрабатываемые технологии третьего поколения – аллотермические. Их особенность – энергия для запуска и поддержания реакций термопревращений поступает извне от независимого, управляемого источника [9]. В настоящее время эти технологии разрабатываются, совершенствуются, в некоторой степени внедряются в производство. Определенное место среди них занимают плазмохимические (ПХ) технологии, где в качестве энергии извне может применяться энергия низкотемпературной плазмы [10]. В этом случае могут создаваться плотности потоков энергии 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup> Вт/см<sup>2</sup> и высокотемпературные (2-8)·10<sup>3</sup>К зоны, где наиболее полно проявляются каталитические эффекты термопревращений, а применение паровой среды активизирует их окислительно-восстановительные процессы, повышает калорийность готового продукта, способствует рациональному использованию исходного сырья и улучшает экологические показатели.

Экспериментальными исследованиями и термодинамическим моделированием высокотемпературных превращений, выполненными авторами [11,12], установлено, что температура в реакционном пространстве является основным фактором, формирующим процесс. Оптимальным есть нагрев полидисперсных частиц до температуры 1800-2000К, не зависимо от их размера. В этом случае наблюдается максимальный выход газовой фазы (рис. 1.а) и степень превращений углерода достигает 100%. При паровой окислительной среде и этой температуре газовая фаза на 96-99% состоит из H<sub>2</sub> и СО (синтез-газа) (рис. 1.а), а калорийность ее достигает максимального значения (11,5-12 МДж/м<sup>3</sup>) (рис. 2.а).

Производительность процесса превращений, которая пропорциональна скорости реакций, в значительной степени зависит от температуры в реакционном пространстве. Повышение температуры свыше 2000К ведет к увеличению производительности на несколько порядков. В этом случае необходим своевременный (при T=1800-2000К) вывод газовой фазы из реакционного пространства. Это обеспечивает оптимальное значение калорийности газовой фазы (рис. 2.а) и энергоемкости процессов превращений (2,7-3,1 кВт·ч/кг) [13]. Влияние на качественные и количественные показатели газовой фазы оказывает природа и качество окислительной среды. Паровая среда наиболее полно отвечает требованиям качества полезного продукта,

рациональному использованию сырья, экологической безопасности. Так, выход газовой фазы, за счет водорода из окислителя, увеличивается на 45-46% по сравнению с кислородом, а калорийность в 2,5-3 раза по сравнению с воздухом (табл. 1).

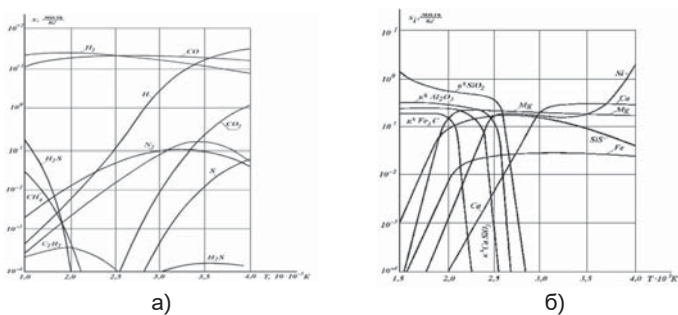


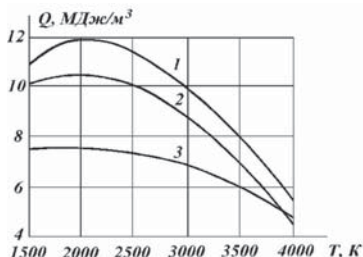
Рисунок 1 – Зависимости выхода компонентов газовой (а) и конденсированной (б) фаз от температуры в реакционном пространстве при α=0,95 и Р=0,1 МПа

Таблица 1 – Влияние природы и качества окислительной среды на показатели процесса пароплазменной газификации угля (АШ1)

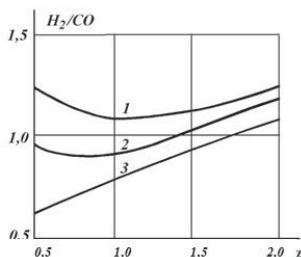
| Окислитель  | Удельный выход газа, (нм <sup>3</sup> /кг угля I %) |                 |       |                  |                |                |                  |                   |      | МДж/м <sup>3</sup><br>Q <sub>е</sub> |
|-------------|-----------------------------------------------------|-----------------|-------|------------------|----------------|----------------|------------------|-------------------|------|--------------------------------------|
|             | CH <sub>4</sub>                                     | CO <sub>2</sub> | CO    | H <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> C | CO+H <sub>2</sub> | ΣVi  |                                      |
| Воздух      | 0                                                   | 0,01            | 1,20  | 0,01             | 0,25           | 2,33           | 0,08             | 1,45              | 3,88 | 4,6                                  |
|             | 0                                                   | 0,26            | 30,93 | 0,26             | 6,44           | 60,05          | 2,06             | 37,37             | 100  |                                      |
| Кислород    | 0                                                   | 0,04            | 1,24  | 0,04             | 0,22           | 0,01           | 0                | 1,46              | 1,55 | 11,3                                 |
|             | 0                                                   | 2,58            | 80,00 | 2,58             | 14,19          | 0,65           | 0                | 94,19             | 100  |                                      |
| Водяной пар | 0                                                   | 0               | 1,27  | 0,001            | 1,39           | 0,01           | 0                | 2,66              | 2,67 | 11,7                                 |
|             | 0                                                   | 0               | 47,55 | 0,04             | 52,04          | 0,37           | 0                | 99,59             | 100  |                                      |

Качественные показатели газовой фазы, его калорийность зависят от коэффициента расхода окислителя (α) (рис. 2). Для большинства типов углей, при оптимальной температуре, α = 0,9-0,96, что соответствует стехиометрическому соотношению масс реагирующих компонентов. Изменение α от стехиометрического ведет к ухудшению качества конечного продукта. Водородно-оксидное число в нем (H<sub>2</sub>/CO) больше единицы (рис. 2б), что чрезвычайно важно при синтезе жидких углеводородов по методу Фишера-Тропша. Таким образом, температура в реакционном пространстве, расход окислителя, его природа и качество, своевременный вывод газовой фазы, являются основными факторами управления процессами термопревращений углеродсодержащих сред. Исследования термопревращений углей различной морфологии и шламов показали, что пароплазменная технология универсальна к свойствам перерабатываемой среды и строго селективна в отборе

компонентов газовой фазы. При многообразии поэлементной базы углей и углеродсодержащих сред газовая фаза 95-99% состоит из синтез-газа ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ). Аллотермическими плазменными технологиями представляется возможным реализовать процессы комплексной переработки угля. Процесс происходит путем восстановления компонентов его минеральной части при температуре 1600-2800K с переходом составляющих Ca, Mg, Si, Fe, Al в полезные продукты (рис. 16).



а) 1 –  $\alpha = 0,5$ ; 2 –  $\alpha = 0,9$ ; 3 –  $\alpha = 1,5$



б) 1 –  $T = 1500\text{K}$ ; 2 –  $T = 2000\text{K}$ ; 3 –  $T = 2500\text{K}$

Рисунок 2 – Зависимости калорийности газа (а) от температуры в реакционном пространстве и водородно-окисного числа (б) от коэффициента расхода окислителя.

В экологическом плане вредные и балластные соединения газовой фазы ( $\text{CO}_2$ , NO,  $\text{NO}_2$ , SO) в пароплазменных процессах не превышают 1,0-2 моль/кг (0,5-1,5%) общей массы газов. Температура в реакционном пространстве более 2000K обеспечивает деструкцию любых вредных и токсичных соединений, в том числе и серы, снижая выбросы в окружающую среду до уровня ниже европейских стандартов. Таким образом, аллотермическая пароплазменная технология, отличающаяся универсальностью к перерабатываемому сырью, экологичной безопасностью, малыми металлоемкостью оборудования и капзатратами, может стать основой дальнейшего развития технологий термопревращений углеродсодержащих сред третьего поколения, в том числе и твердых бытовых отходов.

Установим экономическую эффективность производства СМТ из угля пароплазменной газификацией и определим перспективы его практической реализации. Производство СМТ можно разделить на три стадии [14]: первая – производство синтез-газа; вторая – синтез жидких углеводородов из полученного синтез-газа (процесс Фишера-Тропша); третья – облагораживание полученных продуктов и доведение их до нужного качества. Вторая и третья стадии хорошо освоены в современной нефтепереработке и в данной работе по стоимостным показателям приравнены к известным. Учитывая вышеизложенное, цену СМТ,

получаемого из угля путем пароплазменной газификацией ( $C_{смт(у)}$ ), можно записать:

$$C_{смт(у)} = C_1 + C_2 + C_3, \quad (1)$$

где  $C_1, C_2, C_3$  – стоимость первой, второй и третьей стадий, дол./барр.

Стоимость второй ( $C_2$ ) и третьей ( $C_3$ ) стадий, относящихся к переработке синтез-газа, принимаем равной базовой технологии компании Sasol (ЮАР) [14].

Выполним расчет стоимости производства синтез-газа (I-я стадия) в аллотермическом процессе плазмохимических превращений на примере угля АШ1. Именно в этой стадии, составляющей 50-60% общей стоимости производства СМТ, имеется различие сравниваемых технологий. Для расчета расходов воспользуемся формулой из [14]:

$$C_1 = 3п.у.(I) + 3к(I) + 3о(I) + 3п, \quad \text{дол./т}, \quad (2)$$

где  $3п.у.(I)$  – затраты на превращение определенной массы углеродсодержащей среды в синтез-газ, дол./т;

$3к(I)$  – капитальные затраты производства синтез-газа, дол./т;

$3о(I)$  – операционные затраты производства, дол./т;

$3п$  – прибыль производства синтез-газа, принимаем равной 10% от суммарных капитальных и операционных затрат. Тогда

$$3п = 0,1 \cdot (3к(I) + 3о(I)) \quad (3)$$

Удельные затраты на производство синтез-газа определим по формуле:

$$3п.у.(I) = K \cdot (G_y \cdot C_y + G_y \cdot \alpha \cdot C_o + 1000 \times \omega_m \times C_э) / (\eta \cdot \text{Курс } \$), \text{дол./т} \quad (4)$$

где  $K$  – коэффициент перерасчета теплосодержания исходного сырья в единицы нефтяного эквивалента;

$G_y$  – масса угля, т;

$C_y$  – цена угля (дол. / т.);

$\alpha$  – коэффициент расхода окислителя, т. ок./т;

$C_o$  – цена окислителя, грн/т.;

$\omega_m$  – удельные массовые энергозатраты термопревращений угля, кВт·ч/кг;

$C_э$  – цена электроэнергии, грн / кВт·ч.

$\eta$  – технологический КПД конверсии углерода из угля.

Коэффициент  $K$  необходим для сравнения экономической эффективности производства СМТ из углеродсодержащих сред с различными свойствами. Уголь АШ1 приводим к теплосодержанию

нефти. Тогда  $K$  равен отношению теплоты сгорания нефти ( $Q^H_H$ ) к теплоте сгорания угля ( $Q^H_Y$ ) -  $K = Q^H_H / Q^H_Y$

Технологический КПД ( $\eta$ ) характеризует особенности технологий производства синтез-газа. Автотермические технологии отличаются использованием части исходного сырья прямым его сжиганием в результате чего технологический КПД конверсии углерода может составлять 45-65% [14]. В аллотермических - энергия привносится из вне, а исходное сырье практически на 100% подвержено термической переработке. В этом случае технологический КПД может быть приравнен 1 ( $\eta=1$ ).

Удельные капитальные затраты ( $Зк(I)$ ), приведенные к 1т. перерабатываемого угля (дол. / т.), определим по формуле:

$$Зк(I) = Ц_{уст.} / ((Q_{уст.} \cdot \tau_Y \cdot 6000) \cdot \text{Курс } \$), \quad (5)$$

где  $Ц_{уст.}$  – стоимость установки для газификации угля, грн;

$Q_{уст.}$  – производительность установки, т/ч;

Мощность установки ( $N_Y$ , кВт)

$$N_Y = 1000 \times Q_{уст.} \times \omega_M, \text{ тогда } Q_{уст.} = 0,001 \times N_Y / \omega_M, \quad (6)$$

где  $\tau_Y$  – срок службы установки, лет;

6000 – продолжительность работы установки в году, час/год.

Без учета стоимости угля, удельные операционные затраты на 1т исходного сырья, ( $Зо(I)$ , дол/т) включают зарплату ( $Зр$ ) и расходные материалы ( $Зрм$ ):

$$Зо(I) = Зр + Зрм \quad (7)$$

Удельная заработная плата рабочих (грн/ т.) определится:

$$Зр = (Зр1 \cdot n \cdot 12 \text{ мес.}) / (Q_{уст.} \cdot 6000 \cdot \text{Курс } \$),$$

где  $Зр1$ ,  $n$  – заработная плата одного рабочего, грн/мес., и количество рабочих.

Затраты на расходный материал, принимаем равными 10% от удельных капитальных затрат. Тогда  $Зрм = 0,1 \cdot Зк(I)$ . Подставляя в формулу (2), формулы (3), (4), (5), (6), (7), получим стоимость синтез-газа (в дол/т):

$$\begin{aligned} Ц_1 = [ & (Q^H_H / Q^H_Y) \cdot (G_Y \cdot Ц_Y + G_Y \cdot \alpha \cdot Ц_0. + 1000 \times \omega_M \times Ц_2) / \eta + \\ & + 1,21 \cdot Ц_{уст.} / ((0,001 \times N_Y / \omega_M) \cdot \tau_Y \cdot 6000) + \\ & + 1,1 \cdot (Зр1 \cdot n \cdot 12 \text{ мес.}) / ((0,001 \times N_Y / \omega_M) \cdot 6000)] / \text{Курс } \$, \end{aligned}$$

или  $C_1 = C_1 / 7,59$ , (в дол./барр).

Цену второй и третьей стадий переработки приравняем к базовой (компания SASOL):  $C_2 = 7,5$  дол/барр,  $C_3 = 5,38$  дол/барр [14]. По формуле (1) определяем цену СМТ, полученного из угля, приведенного к нефтяному эквиваленту ( $C_{смт(у)}$ ).

На биржах Западной Европы соотношение стоимости 1 тонны моторного топлива к 1 тонне сырой нефти равно 1,25 [14]. Воспользуемся этим соотношением для расчета эквивалентной цены нефти из СМТ, тогда, эквивалентная стоимость нефти ( $C_{эн}$ ) определится обратным расчетом от стоимости СМТ:  $C_{н.} = (C_{смт(у)}) / 1,25$ , дол./ барр.

Результаты расчетов затрат производства СМТ (без стоимости исходного сырья) приведены в таблице 2. Расчеты, с определенной степенью достоверности, характеризуют трудоемкость и капиталоемкость сравниваемых технологий. Затраты между отдельными стадиями автотермических технологий распределяются следующим образом: первая стадия – 60% (получение кислорода 35%, генерация синтез-газа 25%), вторая и третья – 40%.

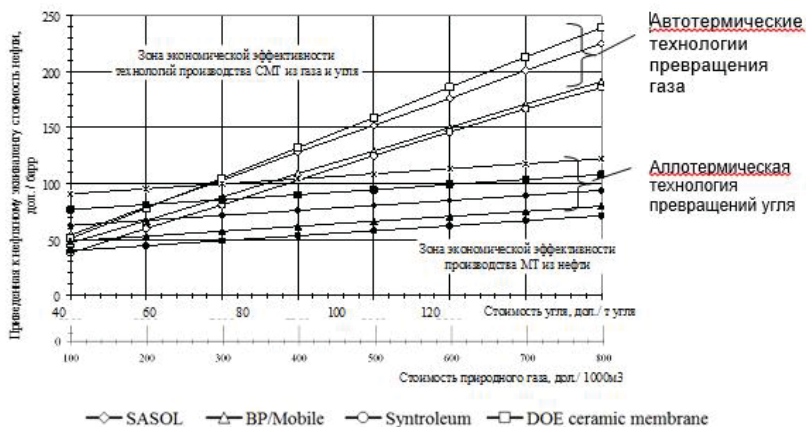
Значительные затраты по капитальным вложениям, существенно сдерживают развитие автотермических технологий. В компании Syntroleum с высокими техническими показателями капитальные затраты, на стадии производства синтез-газа, в 2,3 раза выше пароплазменной (табл. 2). Капиталоемкость пароплазменной технологии производства синтез-газа, не превышает 4% от общих по всем стадиям, что свидетельствует о низких затратах по этой статье.

Авторами установлены зависимости (рис.3) стоимости СМТ, приведенной к нефтяному эквиваленту, от стоимости исходного сырья, приведены зоны экономической эффективности автотермических технологий, определены эти зоны для пароплазменных процессов. Выполнено сравнение показателей производства СМТ с достижениями передовых мировых компаний.

Очевидно, что при ценах на природный газ до 200 дол/1000 м<sup>3</sup> и на уголь до 1000 грн/т, производство СМТ пароплазменной технологией конкурентно с технологиями передовых мировых компаний, но не конкурентно с производством его из сырой нефти. Каждая из рассматриваемых технологий может быть эффективной при превышении цены на сырую нефть более 40-45 дол/барр. Дальнейшее ее повышение только увеличивает эффективность производства СМТ любой из известных технологий, в том числе и пароплазменной (рис. 3). При повышении цены на сырье, например, в 3 раза, стоимость производства СМТ пароплазменным способом на 8-10% будет ниже показателей упомянутых компаний. С дальнейшим увеличением цен на исходное сырье, эта разница показателей будет только увеличиваться, что подтверждается углом наклона зависимостей  $C_{смт} = f(C_{сырья})$  (рис.3).

Таблица 2 - Оценка стоимости капитальных ( $З_k$ ) и операционных ( $З_o$ ) затрат производства СМТ.

| Компания<br>(технолог.<br>процесс) | Углерод. среда,<br>технологич. КПД | З <sub>к</sub> и З <sub>о</sub> производства СМТ (без стоимости сырья) |                    |                                |                |                           |                      |        |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------|---------------------------|----------------------|--------|
|                                    |                                    | I стадия,<br>дол./барр.                                                |                    | По трем стадиям,<br>дол./барр. |                |                           | Всего<br>(Σ затраты) |        |
|                                    |                                    | З <sub>к</sub> (I)                                                     | З <sub>о</sub> (I) | З <sub>к</sub>                 | З <sub>о</sub> | % кап. затрат<br>I стадии | дол./барр.           | дол./т |
| SASOL<br>(автотерм.)               | Природ. газ, 0,55                  | 7,5                                                                    | 2,9                | 18,5                           | 16,3           | 21,55                     | 34,8                 | 273,8  |
| BP/Mobile<br>(автотерм.)           | Природ. газ, 0,65                  | 5,1                                                                    | 3,9                | 13,2                           | 16,9           | 16,94                     | 30,1                 | 240,0  |
| Syntroleum<br>(автотерм.)          | Природ. газ, 0,62                  | 1,8                                                                    | 4,4                | 5,4                            | 13,1           | 9,68                      | 18,6                 | 151,1  |
| Пароплазма<br>(аллотермич.)        | Уголь, 1,0                         | 0,77                                                                   | 0,36               | 8,97                           | 13,36          | 3,45                      | 22,33                | 169,5  |



Переработка угля марки АШ1 при цене электроэнергии, грн/кВт·ч:

—●— 0,7 —▲— 1,0 —◆— 1,3 —■— 1,7 —□— 2,0

Рисунок 3 - Стоимость СМТ эквивалентной стоимости нефти в зависимости от стоимости сырья и электроэнергии

Большой угол наклона зависимостей в автотермических технологиях объясняется увеличением стоимости исходного сырья, все большая часть которого переносится в сжигание топлива. Пароплазменная технология больше зависит от цены энергии вносимой из вне. В диапазоне цен на уголь 1000-1500 грн/т и электроэнергию 0,7-1,3 грн/кВт·ч, при стоимости сырой нефти 45-50 дол/барр, она остается



конкурентной на рынке СМТ среди передовых мировых компаний. Дальнейший рост цен на исходное сырье резко ограничивает зону экономической эффективности производства СМТ базовых компаний (рис. 3). Пароплазменная технология менее чувствительна к этому показателю, что неизбежно улучшает перспективы ее реализации. Конкурентность последней, с повышением цены на исходное сырье, будет только расти.

## Литература

1. The Oil Crunch / Second report of the UK Industry Taskforce on Peak Oil & Energy Security (ITPOES), February, 2010.
2. Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття / А. К. Шидловський [та ін.] ; ред.: А. К. Шидловський, М. П. Ковалко ; НАН України, П-во "Укренергозбереження". - К. : Українські енциклопедичні знання, 2001. - 400 с.
3. Вольтберг Д.Б. Современное состояние перспективы развития энергетики мира // Теплоэнергетика, 2009. - №8. - С5 – 9.
4. BP Statistical Review of World Energy, June, 2011.
5. Проблема топливно-энергетических ресурсов в мире и Украине / Тополев В.С., Хлапенев А.Е. и др. // Уголь Украины. - №5. – 2004. – С. 3 – 11.
6. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України. / Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Гапоніч Л.С., Чернявський М.В., Топал О.І., Засядько Я.І. // К.:ГНОЗИС, 2013.
7. Тютюнников, Ю.Б. Технологические схемы, расчет и моделирование промышленных процессов газификации угля / Ю.Б. Тютюнников, М. С. Шептовицкий, И.В. Шульга. – Харьков: ХГЭУ, 1996. – 66 с.
8. Ю.П. Корчевой, А.Ю. Майстренко, А.И. Топал. Экологически чистые угольные технологии К.: Наукова думка 2004. – 186 с.
9. Карпенко Е.И., Мессерле В.Е. и др. Эколого-экономическая эффективность плазменных технологий переработки твердого топлива // Новосибирск, Наука Сиб. изд. фирма РАН, 2000. – 159 с.
10. Рутберг Ф. Плазменные технологии для возобновляемой энергетики. Балтийский горизонт. 2013. № 4 (12). С. 6—9.
11. А.Ф. Булат Комплексная переработка водоугольного топлива при плазменной газификации / А.Ф. Булат, Б.Д. Алымов, Л.Т. Холявченко, С.Л. Давыдов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2009.- вып. 81.- С20-27.
12. Давыдов С. Л. Расчётные показатели переработки углей и отходов их обогащения методом пароплазменной газификации // Геотехнічна механіка. - 2013. - Вип. 108. - С. 179-184.
13. Опарин, С. А. Расчет энергоёмкости процесса пароплазменной газификации углеродсодержащих сред / С. А. Опарин, С. Л. Давыдов, Л. Т. Холявченко // Вопросы химии и химической технологии. – 2012. – № 1. – С. 89–95.
14. Синяк Ю. В. Эффективность производства синтетических моторных топлив из природного газа / Ю. В. Синяк, А. Ю. Колпаков // Проблемы прогнозирования.- 2012. - № 1. - С.38-48.

## References

1. Neftyanoy krizis / Tselevaya gruppa po pikovoy neftyanoy i energeticheskoy bezopasnosti (ITPOES), fevral' 2010 g.
2. Palm-energeticheskii kompleks Ukrainy. K. Shidlovskiy [opredeleniye]; pod red. K. Shidlovskiy M. P. Koval'ko~d; NAN Ukraïni, P-v "Ukrenergoberezhennya". - K. : Ukrainskaya politika entsiklopedii prav cheloveka, 2001. - 400 s.
3. Val'tberg A.G. Perspektivy razvitiya sovremennoy energetiki v mirovoy ekonomike // Teploenergetika, 2009. - №8. - S5 - 9.
4. Statisticheskii obzor mirovoy energetiki BP, iyun' 2011 g.
5. Problema topologicheskikh i energeticheskikh resursov v mire i Ukraine / Topolev V.S., Khlplenov A.Ye. i drugiye. // Ugol' Ukrainy. № 5 - 2004 g. 3 - 11
6. Perspektiva nepravil'nogo razvitiya tekhnologiy v ukrainskom sektore. / Volchin I.A., Dunayevskaya N.I., Gaponich L.S., Chernyavskiy M.V., Topal O.I., Zasyadzhko YA.I. // K. : GNOSIS, 2013.
7. Tyutunnikov YU.B. Tekhnologicheskiye skhemy, raschet i modelirovaniye proizvodstvennykh protsessov pri gazifikatsii / UB. Tyutyunnikov M. S. Sheptovitskiy I.V. Shul'ga. - Khar'kov: ZDES', 1996. - 66 ch.
8. YU.P. Korcheva A.YU. Mayrdenko A.I. Khaos. Ekologicheskii chistyie ugol'nyie tekhnologii K.: Naukova dumka 2004. - 186 s.
9. Karpenko Ye.I., Messer V.Ye. i dr. Ekologo-ekonomicheskii effekt plazmennyykh tekhnologiy obrabotki tverdykh gornyykh porod // Novosibirsk, Nauka Sib. IZD. firma RAN, 2000. - 159 s.
10. Rutberg F. Plazmennaya tekhnologiya dlya vozobnovlyayemykh istochnikov energii. Baltiyskiye gorizonty. 2013. № 4 (12). S. 6-9.
11. A.F. Gidravlicheskaya plazmennaya gazifikatsiya steklovolokna v komplekse Bulat / AF Bulat, BD Alymov L.T. Kholyavchenko S.L. Davydov // Geotekhnicheskaya mekhanika: interv. Sb nauçn. tr EGTM NAN Ukrainskiy. - Dnepropetrovsk. - 2009. - Ushel. 81. - S20-27.
12. Davydov S. L. Strukturnyye svoystva teploobmennikov i metody ekstraktsii paroplasticheskoy gazifikatsii // Geotekhnicheskaya mekhanika. - 2013. - Vip. 108. - S. 179-184.
13. Oparin S. A. Rasschitana energeticheskaya effektivnost' gazifikatsii polipropilena v karbonatsoderzhashchey srede. A. Oparin S. L. Davydov L. T. Kholyavchenko // Voprosy khimii i sushchestvuyushchikh tekhnologiy. - 2012. - № 1. - S. 89-95. 1
4. Sinyak YU. V. Effektivnost' proizvodstva sinteticheskikh motornykh motorov v girokope / Y. V. Sinyak A. Y. Kolpakov // Prognoz problem - 2012. - № 1. - S.38-48.

### **Резюме**

*Болат А. Ф. Давыдов, С. Л., Холявченко Л. Т., С. А. Опарин  
Геотехникалық механика институты Н. С. Полякова Украина ҰҒА, Днепр қ.,  
Украина)*

*Көмірден жасалған синтез-газ және моторлы отын өндірісіндегі  
пароплазмалық технологиялар, тиімділік және перспективалар*

*Жұмыста автоотермиялық технологияларды талдау келтірілген, синтез-газға көмірді өңдеудің пароплазмалық технологиясының перспективасы көрсетілген және құрамында көміртекті орталардың аллотермиялық пароплазмиялық технологиясының автор орындаған зерттеулердің негізгі нәтижелері ұсынылған. Табиғи газдан синтетикалық мотор отынын (СМЖ) өндіру көрсеткіштері тиісінше аталған технологияларды қолдана отырып алынған көмірден оны өндіру көрсеткіштерімен салыстыру жүргізілді, бастапқы шикізаттың құнына және енгізілетін энергия бағасына байланысты СМЖ өндірудің экономикалық тиімділігі аймақтары белгіленді.*

*Түйінді сөздер: көмір, айналдыру, пароплазма, технология, газдандыру, синтез-газ, синтетикалық мотор отыны, тиімділік.*

UDK 622.278

### **Summary**

*Bulat S. F. Davydov, S. L., Holovchenko L. T., S. A. Oparin  
Institute of geotechnical mechanics N. S. Polyakov, national Academy of Sciences of  
Ukraine, str, Ukraine)*

*Steam-plasma technologies in the production of synthesis gas and motor fuel from  
coal, efficiency and prospects*

*The paper presents the analysis avtoterminal technology, shows the prospect of plasma water steam technology is the processing of coal to synthesis gas and presents the main results of the research conducted by the author alternately parametriceskoi technology carbon media. Indicators of production of synthetic motor fuel (QMS) from natural gas, respectively, comparisons with the indicators of its production from coal obtained with the use of these technologies are established zones of economic efficiency of QMS production depending on the cost of raw materials and the price of input energy.*

*Key words: coal, transformations, steam, technology, gasification, synthesis gas, synthetic motor fuel, efficiency.*

**Битимбаев М.Ж<sup>1</sup>, Орынгожин Е.С<sup>2</sup>, Джумабаев Е.И<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>Национальная инженерная академия Республики Казахстан,

<sup>2</sup>Институт горного дела им. Д.А. Кунаева,

<sup>3</sup>ТОО «Interrin»)

## **ПРЕДПОСЫЛКИ И ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЗАХСТАНА**

*Аннотация. Использование опыта комбинированной разработки с трехуровневым исполнением открытыми и подземными работами с расположенными в одном ярусе с ними и (или) вне яруса, выполненной в странах СНГ и дальнего зарубежья и описанной в литературе, создает реальные возможности освоения месторождений, имеющих значительную протяженность на глубину и (или) сложную морфологию и состоящих из нескольких отдельных залежей кроме основного рудного тела. Необходимость принятия таких решений и для некоторых месторождений Казахстана вызвана в первую очередь самой сущностью комбинированной разработки – создание для них самого экономически эффективного и безопасного технологического решения добычи всех запасов. Такое решение должно обеспечить максимальную производительность труда, минимальную себестоимость, минимальные потери и разубоживание, безопасное ведение горных работ и наиболее высокую среднюю мощность по добыче во все годы эксплуатации. При этом средняя мощность должна быть регулируемой, обеспечивая оптимальные денежные потоки и рентабельность, технологические схемы на горных работах карьера и подземного рудника и запасов вне них как совмещено, так и последовательно должны использовать цифровые технологии для уменьшения нестабильности процессов за счет ускорения принятия решений и их оптимизации.*

*Изложенные решения и достигаемое на основе их реализации результаты создают необходимые условия для успешного освоения многих месторождений Казахстана, которые на сегодня считаются проблемными. Облегчению выполнения поставленных задач способствуют ранее разработанные меры по обеспечению безопасности горных работ и классификация способов комбинированной разработки на трехуровневой основе.*

*Ключевые слова: комбинированная разработка, открытый способ, подземный способ, порядок очистной выемки, изолирующий предохранительный целик, запасы в ярусе и вне яруса комбинированной разработки.*

### **I. Факторы, определяющие необходимость и возможность применения комбинированной разработки**

Необходимость использования благоприятных технологических особенностей открытых и подземных горных работ в зависимости от горногеологических и горнотехнических условий расположения месторождения и других параметров, влияющих на технико-экономические результаты и безопасность и определение преимуществ и недостатков каждого из этих способов при применении к конкретному

объекту недропользования позволяет на предварительном уровне проектирования (при подготовке ТЭР, ТЭО различной степени готовности и, наконец, Проекта отработки) рассматривать специально как составную и неотъемлемую обязательную часть проекта применение различных вариантов комбинированного способа разработки (КСР) в сравнении с другими возможностями отработки месторождения.

Следует отметить, что выражение «комбинированный способ разработки месторождения» несет в себе более сложную и оправданную смысловую и практически применяемую нагрузку, чем простое совмещение в разных вариантах последовательного и параллельного исполнения открытых и подземных горных работ (ОГР и ПГР), имеющих конечной целью максимально полное освоение запасов месторождения. Имеется в виду, что в пределах одного выемочного поля исполнители должны определить как минимум три участка ведения горных работ, которыми являются:

- участок (карьер) ОГР с применением традиционных технологических схем вскрытия и добычи;
- участок (подземный рудник) ПГР также с применением традиционных технологических схем вскрытия и добычи;
- участок промежуточный (ярус между ОГР и ПГР в пределах одного рудного тела или вне яруса с добычей руды из запасов других рудных залежей, примыкающих к телу карьера и к зоне влияния ПГР в различных вариантах в соответствии с геологическими особенностями месторождения.

Только в случае развития такого варианта применения комбинированной разработки можно уверенно говорить о поиске и решении задачи оптимизированного по результатам экономически эффективного и безопасного освоения месторождения с применением цифровых технологий как неотъемлемой части бизнеса.

Определение границ и технологических схем этих трех участков является генеральным направлением создания единого технологического комплекса, в котором все этапы вскрытия, подготовки и очистной выемки объединены таким образом, чтобы минимизировать затраты и создать безопасные условия труда в любой стадии развития горных работ.

С этой целью необходимо с учетом всех сопровождающих комбинированную разработку отрицательных факторов разработать комплекс обязательных мер технологического и организационного характеров, выполнение которых превентивно исключает возможность их возникновения и влияния на оперативную работу и на перспективное состояние горных работ [1].

Рациональное и своевременное создание условий безостановочной и безаварийной комбинированной разработки с обязательным достижением технико-экономических показателей, являющихся наиболее

лучшими из всех возможных вариантов разработки всего месторождения, возможно при отборе всех технологических схем, необходимых для всех трех участков, из перечня, созданного на основе классификации способов комбинированной разработки.

Созданная трехуровневая классификация [2] позволяет с учетом выполнения упреждающих мер безопасности и обязательной экономической эффективности произвести отбор той технологической схемы, которая дает возможность своевременно на стадии изыскательских работ и проектирования определить эффективный вариант отработки.

Результаты исследований, посвященных обоснованию комбинированной технологии разработки уральских медно-колчеданных месторождений и анализ опыта горных работ с применением в дальнем и ближнем зарубежье показали, что отработка подкарьерных запасов (в нашем случае «участок промежуточный») на многих рудниках приводит к ухудшению технико-экономических показателей [3]. При этом были сделаны оценки высокой, средней и низкой степени изоляции в соответствии с удаленностью или изолированностью подземного участка от открытого. Количественную оценку степени изоляции предложено характеризовать коэффициентом изоляции  $K_{и}$ , величина которой может колебаться от 0 до 1 и описывается формулой отношения объема подземного блока (участка), извлеченного путем формирования подземных очистных выработок  $V_{и}$  к объему подземного блока  $V$  ( $K_{и} = \frac{V_{и}}{V}$ ).

Как видно из приведенных выводов, в данных случаях нарушается главный определяющий принцип применимости комбинированного способа разработки, без соблюдения которого комбинированный способ не может применяться.

Поэтому карьерное пространство (участок ОГР) должно быть определено таким образом:

- 1) глубина карьера определяется стандартным способом как максимальная, при которой возможны рентабельная работа положительный дисконтированный денежный поток;
- 2) подкарьерное пространство в ярусе разделяем на 2 участка – ПГР и промежуточный;
- 3) Определяем способ вскрытия участков промежуточного и ПГР;
- 4) Определяем технологическую схему отработки промежуточного участка;
- 5) при нахождении запасов промежуточного участка вне яруса определяем схему и порядок вскрытия и последовательность отработки всех трех участков;
- 6) до опускания уровня ОГР до расчетного дна карьера отрабатываем промежуточный участок и создаем искусственный целик на

его месте из закладки. При этом для кардинального улучшения ТЭП увеличиваем часть запасов, приходящихся на ОГР с целью их последующей отработки на искусственный целик без вскрышных работ;

7) Промежуточный участок может быть отработан и без создания искусственного целика, что возможно в особых случаях, описанных ниже;

8) участок ПГР может отрабатываться по схеме «снизу вверх» (восходящий принцип) или «сверху вниз» (нисходящий) в зависимости от схемы отработки промежуточного участка.

Такой порядок работ и отбор технологической схемы в соответствии с принципами классификации создает условия добычи руды как по каждому из участков комбинированного способа разработки, так и в целом по месторождению с улучшением ТЭП и безопасности горных работ по сравнению с простым разделением на ОГР и ПГР, обеспечивая и увеличение мощности предприятия, и возможности усреднения качественных показателей, и снижения потерь и разубоживания.

Рассмотрим основные положения классификации системы отбора способов комбинированной разработки, которые приняты нами за базовые принципы:

1) первый уровень классификации оценивает запасы, осваиваемые комбинированным способом между ОГР и ПГР в ярусе и вне яруса по отношению к запасам карьера, со следующих позиций:

–на одном уровне или выше дна карьера вне зоны возможной отработки действующим карьером;

–примыкающие к бортам и дну карьера;

–ниже уровня проектного дна карьера как продолжение рудного тела, отрабатываемого карьером;

–ниже уровня проектного дна карьера внепродолжения рудного тела, отрабатываемого карьером;

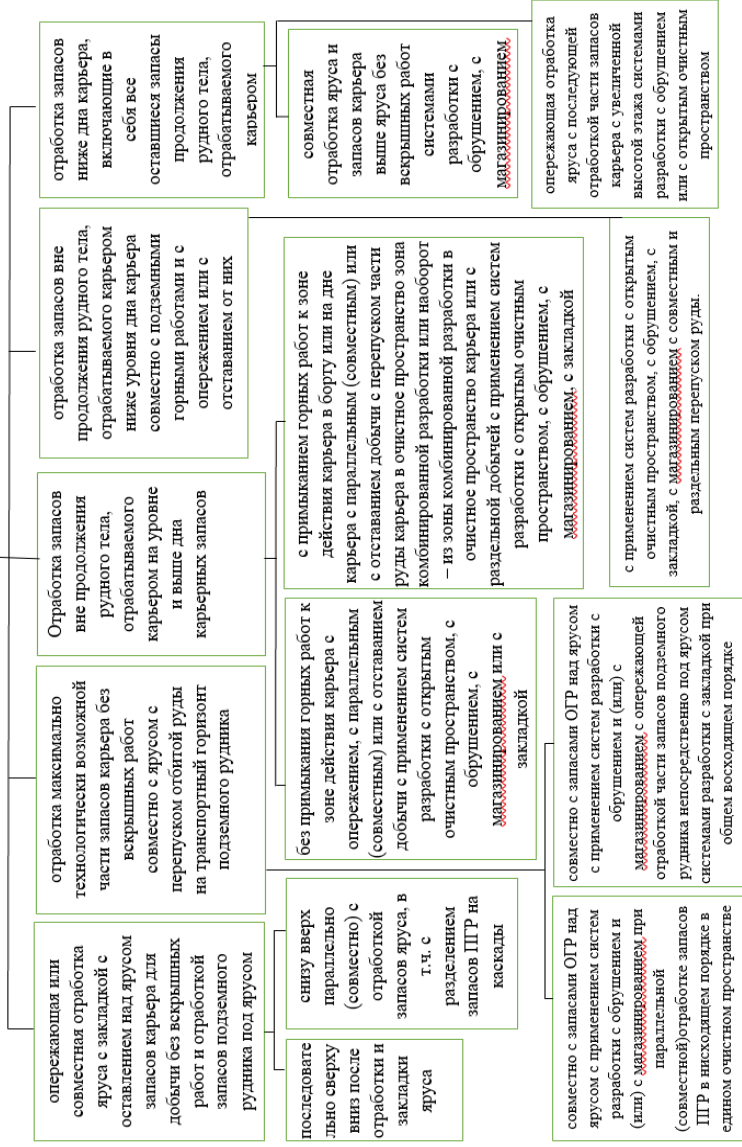
–ниже уровня дна карьера, включающие в себя все оставшиеся запасы продолжения рудного тела, отрабатываемого карьером.

2) вторым признаком, позволяющим продолжить отбор применимой технологической схемы подготовки и отработки запасов в ярусе и вне яруса, является способ вскрытия запасов:

–вертикальными стволами и (или) транспортным уклоном с квершлагами из лежачего бока месторождения вне зоны сдвижения от воздействия ОГР и ПГР, пройденными в соответствии с рельефом местности с поверхности ниже верхнего уровня карьерного пространства;



Классификация третьего уровня технологических схем подготовки и отработки запасов между ОГР и ППР в ярусе и вне яруса



–штольнями или сквозными туннелями на одном или нескольких уровнях (горизонтах), пройденными ниже уровня запасов, предназначенных для комбинированной разработки;

–сочетанием штолен или сквозных туннелей, пройденными в лежащем нерабочем борту карьера, с транспортными уклонами и (или) вертикальными стволами и квершлагами;

–штольнями и (или) транспортным уклоном, пройденными из борта карьера при расположении запасов вне зоны действующего карьера на уровне с карьером или ниже дна карьера;

–транспортным уклоном и (или) вертикальными стволами с квершлагами для отработки запасов вне продолжения рудного тела, отрабатываемого карьером и примыкающих к бортам и дну карьера.

3) третьим, окончательным критерием выбора необходимой технологической схемы, является набор возможных горных работ, который удовлетворяет требованиям первого и второго уровней и теперь оценивается с точки зрения суммарной экономической эффективности добычи руды на всех трех участках (ОГР, промежуточного и ПГР) и обеспечивает при этом безопасность, максимальную мощность, минимальные потери и разубоживание и вписывается в разрабатываемый алгоритм цифрового управления.

Представляемая классификация явится основанием для подготовки Технологического регламента проектирования комбинированной разработки казахстанских месторождений, примеры которых приведены ниже.

## **II. Практика освоения некоторых месторождений, на которых необходима и возможна комбинированная разработка**

**1. Месторождение Юбилейное в Мугалжарском районе Актюбинской области**, которое ранее в течение двух десятков лет разрабатывалось подземным способом, добывая руду с содержанием золота 5-8 г/т.

Создание технологий переработки кварцевых руд с высоким извлечением золота и качеством концентрата, рост цены золота на рынке, возможность экономически рентабельной переработки бедных руд подобного рода, нахождение золотого оруденения в окружающих жильное месторождение вмещающих породах (минерализованных зон) с более низким содержанием, учет которых кратно увеличил запасы, выход минерализованных зон с золотым оруденением на поверхность и возможность добычи из них руды в массовом объеме с низким коэффициентом вскрыши позволил перейти на ОГР. Но так как на глубине 300 м и более имеется еще достаточно запасов, надо думать об определении зоны комбинированного способа в ярусе или вне яруса и участка ПГР.

**2. Месторождение Кызылкайын в Тарбагатайском районе Восточно-Казахстанской области**, расположенное в 15 км к югу от поселка приозерный, являющегося портовым пунктом на озере Зайсан, представляет собой двойной штокверк с более обогащенным внутренним опрокинутым конусом, который можно отрабатывать карьером и подземным рудником с оставлением между ними яруса открыто-подземной разработки с увеличенной высотой открытого способа без вскрышных работ.

Применение комбинированной разработки позволяет рентабельно и с наибольшей мощностью отработать всё месторождение.

**3. Месторождение Туук в Кегенском районе Алматинской области**, расположенное в 20 км к северо-востоку от райцентра Кеген, представлено серией крутопадающих рудных тел согласно залегающих, представленных свинцово-барито-серебряным и медно-свинцово-серебряным оруденением. Доразведка ранее отработанных запасов указывает на наличие крупных запасов обоих сортов руд с рентабельным содержанием металлов. Добыча может в соответствии с рельефом местности производиться как открытым способом, так и подземным со вскрытием штольнями, поэтому комбинированная разработка является наиболее эффективным вариантом добычи с максимально возможными технико-экономическими показателями.

**4. Месторождение Большой Озек в Жаркентском районе Алматинской области**, расположенное в рудном поле Большой Озек, состоящем из нескольких крупных месторождений и рудопроявлений на высоте от 2700 м до 3300 м в 120 км восточнее отработанного рудника Текели. Значительные запасы и достаточно высокое содержание металлов (свинца, цинка, серебра, индия, кадмия), а также наличие электроэнергии и воды, прокладка вблизи железной дороги и автостреды до границы с КНР позволяет рассматривать в целом рудное поле как перспективный район для добычи полиметаллических руд и производства концентратов. Применение комбинированной разработки позволит обеспечить экономически эффективное использование запасов рудного поля и существенное увеличение налоговой базы Алматинской области.

### Литература

1 М.Ж. Битимбаев. Обеспечение безопасного ведения горных работ при комбинированной разработке месторождений полезных ископаемых // Горный журнал Казахстана. – 2019. №9, - С.

2 М.Ж. Битимбаев. Классификация способов комбинированной разработки – важнейший фактор проектирования отработки месторождений полезных ископаемых // Горный журнал Казахстана. – 2019. №10, - С.

3 Ю.В. Волков, И.В. Соколов. Подземная геотехнология при комбинированной разработке рудных месторождений.

## References

- 1 M.Zh. Bitimbaev. Ensuring safe mining operations in the combined development of mineral deposits // Mining Journal of Kazakhstan. - 2019. No. 9, - S.
- 2 M.J. Bitimbaev. The classification of combined development methods is the most important factor in the design of mining mineral deposits // Mining Journal of Kazakhstan. - 2019.No.10, - S.
- 3 Yu.V. Volkov, I.V. Sokolov. Underground geotechnology in the combined development of ore deposits.

ӨОЖ УДК 622.234

## Резюме

Битимбаев М.Ж<sup>1</sup>., Орынгожин Е.С<sup>2</sup>., Джумабаев Е.И<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасы Ұлттық инженерлік академиясы, Алматы қ,

<sup>2</sup>Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты, Алматы қ,

<sup>3</sup>ЖШС «Interrin», Алматы қ.)

*Қазақстанның кен орындарын біріктіріп игеруді жобалаудың алғышарттары мен негізгі шарттары*

ТМД елдері мен алыс шетелдерде орындалған және әдебиетте сипатталған бір қабатта және (немесе) қабаттан тыс орналасқан ашық және жер асты жұмыстарын үш деңгейлі орындаумен біріктіріп игерудің тәжірибесін пайдалану тереңдікке және (немесе) күрделі морфологияға едәуір ұзақтығы бар және негізгі кен денесінен басқа бірнеше жекелеген шоғырлардан тұратын кен орындарын игерудің нақты мүмкіндіктерін туғызады. Қазақстанның кейбір кен орындары үшін де осындай шешімдерді қабылдау қажеттілігі бірінші кезекте біріктірілген игерудің ең маңыздысы – олар үшін барлық қорларды өндірудің ең экономикалық тиімді және қауіпсіз технологиялық шешімін құру болып табылады. Мұндай шешім ең жоғары еңбек өнімділігін, ең төменгі өзіндік құнды, ең аз шығындар мен құнарсыздануды, тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуді және пайдаланудың барлық жылдарында өндіру бойынша ең жоғары орташа қуатты қамтамасыз етуге тиіс. Бұл ретте орташа қуат оңтайлы ақша ағындарын және рентабельділікті, карьердің және жер асты кенішінің тау-кен жұмыстарындағы технологиялық схемаларды және олардан тыс қорларды біріктіріп, сондай-ақ дәйекті түрде шешімдер қабылдауды жеделдету және оларды оңтайландыру есебінен процестердің тұрақсыздығын азайту үшін цифрлық технологияларды пайдалануы тиіс.

Айтылған шешімдер және оларды іске асыру негізінде қол жеткізілетін нәтижелер Қазақстанның көптеген кен орындарын табысты игеру үшін қажетті жағдай жасайды, олар бүгінгі таңда проблемалық деп саналады. Қойылған міндеттерді орындауды жеңілдетуге тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша бұрын әзірленген шаралар және үш деңгейлі негізде құрамдастырылған әзірлеу тәсілдерін жіктеу ықпал етеді.

Түйінді сөздер: аралас қазу, ашық тәсіл, жерастылықтәсіл, тазарту құдығының тәртібі, оқшаулағыш сақтандырғыш кентірек, аралас қазудың ярустағы және ярус сыртындағы қорлары.

## Summary

(Bitimbaev M.ZH<sup>1</sup>., Oryngozhin E.C<sup>2</sup>., Dzhumabaev E.I<sup>3</sup>)

<sup>1</sup> National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, Almaty city,

<sup>2</sup> Mining Institute them D.A. Kunaev, Almaty city,

<sup>3</sup> LTD «Interrin», Almaty city,)

### *Background and basic conditions of designing combined development of kazakhstan deposits*

*Using the experience of combined development with three levels of open-pit and underground work with those located in the same tier and (or) outside the tier, performed in the CIS and non-CIS countries and described in the literature, creates real opportunities for developing deposits that have a significant length to the depth and (or) complex morphology and consisting of several separate deposits other than the main ore body. The need to make such decisions for some fields in Kazakhstan is caused primarily by the very essence of combined development - the creation for them of the most cost-effective and safe technological solution for the extraction of all reserves. Such a solution should ensure maximum labor productivity, minimum cost, minimum losses and dilution, safe mining and the highest average production capacity in all years of operation. At the same time, the average capacity should be adjustable, ensuring optimal cash flows and profitability, technological schemes for mining operations in the open pit and underground mine and reserves outside them should be combined or sequentially used digital technologies to reduce process instability by accelerating decision-making and optimizing them.*

*The stated solutions and the results achieved on the basis of their implementation create the necessary conditions for the successful development of many fields in Kazakhstan, which today are considered problematic. Facilitation of the fulfillment of tasks is facilitated by previously developed measures to ensure the safety of mining and the classification of methods of combined development on a three-level basis.*

*Keywords: combined mining method, open method, underground method, clearing order, insulating safety pillar, reserves in the tier and outside the tier of combined mining method.*

**Лисенков А.А., Джарлкаганов У.А., Бимурат Ж.**  
(ИГД имени Д.А.Кунаева, г.Алматы)

## **ОПТИМИЗАЦИЯ НОРМАТИВОВ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПО СТЕПЕНИ ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ К ДОБЫЧЕ**

*Аннотация. Обсуждаются возможности и способы решения задач оптимального нормирования запасов полезных ископаемых по степени их технологической готовности к добыче на современной научной и инструментальной основе.*

*Ключевые слова: запасы полезных ископаемых, технологическая готовность, нормирование, добыча, оптимизация*

В структуре запасов месторождения полезных ископаемых важное место занимают вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы. Своевременное их восполнение в необходимых объемах и требуемого качества открывает непосредственный доступ к ним техники и людей. Тем самым обеспечивается объективная возможность ведения горно-капитальных, горно-подготовительных, нарезных и очистных работ в процессе разработки месторождения. При этом крайне нежелателен как избыток, так и недостаток запасов каждой категории.

Дело в том, что наличие чрезмерного их количества приводит к неоправданному «замораживанию» денежных средств, вложенных в их восполнение, а дефицит сопровождается срывами выполнения планов производства и поставок готовой продукции ее потребителям. В таких, часто встречающихся ситуациях экономике горнодобывающих предприятий наносится значительный ущерб, размер которого можно уменьшить, если их менеджеры научатся на регулярной основе решать задачи оптимизации нормативов запасов полезных ископаемых по степени их технологической готовности к добыче.

Данная проблема была и остается одной из важнейших проблем управления процессами и объектами недропользования, оказывающей значительное влияние на производственную деятельность и экономику горнодобывающих предприятий. Настойчивые попытки ее решения предпринимались как в советский, так и постсоветский периоды, однако они не увенчались успехом.

После распада СССР и перехода к рынку рассматриваемая проблема не только не утратила свою актуальность, но приобрела еще большую остроту. Это объясняется, с одной стороны, необходимостью обеспечения более высокой надежности выполнения планов производства и поставок товарной продукции ее потребителям, а с другой - понятным стремлением предприятий к максимальной экономии

денежных средств, направляемых на воспроизводство вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых.

В создаваемом научно-методическом и инструментальном обеспечении решения рассматриваемой проблемы можно выделить следующие три подхода: общий, объектно-ориентированный и «цифровой». В рамках первого разрабатываются общие научные основы нормирования запасов полезных ископаемых по степени их технологической готовности к добыче, применимые для всех горнодобывающих предприятий.

При объектно-ориентированном подходе учитываются, кроме общих, и специфические особенности разработки месторождений разных промышленных типов, применяемые способы и системы разработки и др.

В рамках третьего, наименее разработанного подхода разрабатываются экономико-математические модели, алгоритмы и программы решения задач оптимального нормирования запасов с использованием компьютерных программ и средств вычислительной техники.

Созданная в советский период научно-методическая база нормирования запасов полезных ископаемых по степени подготовленности к добыче легла в основу отраслевых нормативных документов, предназначенных для решения практических задач нормирования запасов полезных ископаемых при проектировании и разработке месторождений руд черных и цветных металлов. Многие из этих документов, за неимением достойной их замены, продолжают применяться и сегодня, несмотря на кардинальные отличия современных, рыночных условий работы горнодобывающих предприятий от прежних, советских.

До настоящего времени даже в теории сохранилось много «белых пятен», препятствующих дальнейшему развитию сферы нормирования запасов полезных ископаемых по степени подготовленности к добыче. Многочисленные динамические и случайные факторы оказывают существенное влияние на результаты нормирования запасов полезных ископаемых. Однако не все авторы уделяют внимание учету этих факторов и оценке надежности получаемых результатов. Крайне мало работ, нацеленных на перевод трудоемкого «ручного» процесса решения задач нормирования запасов полезных ископаемых на цифровую основу.

Выполненная в работе [1] структуризация проблемы и ее представление в виде совокупности сравнительно простых и понятных постановок задач, отличающихся друг от друга одним или несколькими признаками, показала наличие большого многообразия возможных постановок этих задач.

Сложный, многоаспектный, многозадачный характер данной проблемы подтверждается не только большим количеством возможных постановок задач нормирования запасов полезных ископаемых, но и



набором базовых принципов, следование которым должно способствовать системному решению рассматриваемой проблемы.

Предлагаемый набор этих принципов: системность, комплексность, динамичность, управляемость, адаптивность, альтернативность, оптимальность, сбалансированность, устойчивость, надежность, эффективность, целесообразность, разумная достаточность, научная обоснованность, ответственность и мотивированность лиц, принимающих решение. Совокупность этих принципов создает многомерную картину восприятия всей проблемы, однако при традиционном, «ручном» способе решения проблемы следование им совершенно невозможно.

Из всего сказанного можно следует вывод о необходимости перехода от «ручного» к автоматизированному (цифровому) способу - единственному разумному подходу, способному в обозримой перспективе успешно справиться с высокой степенью сложности рассматриваемой проблемы и обеспечить следование указанным выше принципам ее решения. В связи с этим предлагается:

- отказаться от фиксированных («точечных») значений нормативов запасов полезных ископаемых и перейти к применению гибких («плавающих») нормативов, значения которых должны находиться в определенных интервалах;

- основным критерием принятия оптимальных решений при нормировании запасов полезных ископаемых по степени их готовности к добыче должна стать минимизация экономических последствий принимаемых решений;

- в зависимости от ситуации, сложившейся с обеспеченностью карьера/шахты вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами, должен выбираться и реализовываться один из трех возможных режимов управления: режим поддержания запасов на достигнутом уровне, режим их наращивания и режим сокращения;

- в основу решения рассматриваемой проблемы должна быть положена предлагаемая система базовых принципов сбалансированного управления объектами и процессами недропользования в рыночной экономике;

- цифровизация процессов нормирования и управления запасами полезных ископаемых должна стать важной составной частью работ по созданию в Казахстане цифровых карьеров и рудников и карьеров;

- необходима активизация усилий государственных и корпоративных органов в направлении поддержки и реализации новейших научных достижений в данной области знаний.

В настоящее время на действующих рудниках, карьерах и шахтах наиболее остро стоят вопросы оптимального нормирования готовых к выемке запасов, так как от запасов именно этой категории напрямую

зависят процессы очистной выемки, выпуска и доставки руды ее потребителям.

В статической постановке рассматриваемой задачи норматив готовых к выемке запасов руды  $H_{ГВЗ}$ , выраженный в единицах массы, рассчитывается по формуле:

$$H_{ГВЗ} = H'_{ГВЗ} A_{пл}, \quad (1)$$

где  $H'_{ГВЗ}$  – норматив готовых к выемке запасов руды, выраженный в единицах времени;

$A_{пл}$  – плановая производительность шахты/карьера по добыче руды.

Норматив  $H_{ГВЗ}$  характеризует объем готовых к выемке запасов руды, необходимый для обеспечения бесперебойной работы шахты/карьера по добыче руды с заданной плановой производительностью  $A_{пл}$ .

Соответствующий норматив готовых к выемке запасов руды, выраженный в единицах времени:

$$H'_{ГВЗ} = H_{ГВЗ} / A_{пл}, \quad (2)$$

характеризует длительность периода времени, в течение которого может быть полностью исчерпан нормативный объем готовых к выемке запасов руды  $H_{ГВЗ}$ .

Поддержание на нормативном уровне фактических значений количества и срока обеспеченности шахты/карьера готовыми к выемке запасами создает определенную защиту (резерв, буфер) от воздействия на производство непредсказуемых случайных факторов.

Влияние плановой производительности шахты/карьера  $A_{пл}$  и нормативного срока обеспеченности готовыми к выемке запасами  $H'_{ГВЗ}$  на их нормативное количество  $H_{ГВЗ}$  показано на рисунке 1. По своей сути – это ни что иное, как поле возможных решений задачи нормирования готовых к выемке запасов полезного ископаемого, среди которых необходимо выбрать оптимальное.

Под оптимальным решением здесь понимаются такие значения нормативов готовых к выемке запасов, при которых минимизируются экономические последствия его практической реализации. Эти последствия складываются из ущерба, наносимого предприятию, с одной стороны, чрезмерным «замораживанием» денежных вредств, вложенных в готовые к выемке запасы, а с другой – срывом планов добычи и поставок готовой продукции ее потребителям по причине нехватки готовых к выемке запасов.

Соответствующая экономико-математическая модель записывается в следующем виде: минимизировать

$$\Xi = (Y_{ср.пл.} + Y_{зам}) \quad (3)$$

при следующих ограничениях:

$$H_{ГВЗ}^{-} \leq H_{ГВЗ} \leq H_{ГВЗ}^{+}, \quad (4)$$

$$H_{ГВЗ}^{-} \leq H'_{ГВЗ} \leq H_{ГВЗ}^{+}, \quad (5)$$

$$H_{ГВЗ} = H'_{ГВЗ} \cdot A_{пл}, \quad (6)$$

$$A_{ф} \geq A_{пл}, \quad (7)$$

где  $\mathcal{E}$  – критерий оптимальности принимаемых решений;

$U_{ср.пл.}$  – экономический ущерб от срыва выполнения планов добычи руды по причине нехватки готовых к выемке запасов;

$U_{зам}$  – экономический ущерб от «замораживания» денежных средств в избыточных готовых к выемке запасах;

$H_{ГВЗ}^{-}$  и  $H_{ГВЗ}^{+}$  – соответственно нижний и верхний пределы норматива готовых к выемке запасов  $H_{ГВЗ}$ , выраженного в единицах массы;

$H_{ГВЗ}^{-}$  и  $H_{ГВЗ}^{+}$  – соответственно нижний и верхний пределы норматива готовых к выемке запасов  $H'_{ГВЗ}$ , выраженного в единицах времени;

$A_{ф}$  и  $A_{пл}$  – соответственно фактическая и плановая производительность шахты по руде.

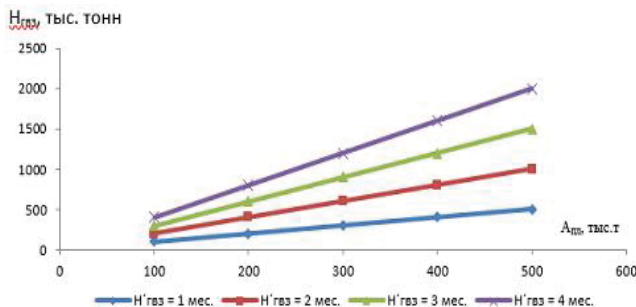


Рисунок 1 - Зависимость норматива готовых к выемке запасов, выраженного в единицах массы  $H_{ГВЗ}$ , от плановой производительности шахты  $A_{пл}$  и нормативного срока обеспеченности шахты/карьера готовыми к выемке запасами  $H'_{ГВЗ}$

При решении рассматриваемой задачи в условиях открытой разработки месторождений полезных ископаемых в критерий оптимальности вводятся дополнительные составляющие ущерба, которые обусловлены спецификой этого способа разработки:

$$\mathcal{E} = C_{рез} + C_{пер} + C_{пк} + C_{кв} + C_{нр}, \quad (8)$$

где  $C_{рез}$  – затраты на поддержание готовых к выемке запасов на всех горизонтах карьера;

$C_{\text{пер}}$  – ущерб от перегонів экскаваторов по уступам карьера;

$C_{\text{пк}}$  – ущерб от снижения производительности карьера по руде и сокращения фронта горных работ;

$C_{\text{кв}}$  – ущерб от увеличения текущего коэффициента вскрыши;

$C_{\text{нр}}$  – ущерб от возможных недопоставок руды и конечной продукции при снижении надежности работы карьера из-за нехватки готовых к выемке запасов.

Графическое представление влияния объема готовых к выемке запасов на экономические последствия принимаемых решений показано на рисунке 2. Пологий характер кривой экономических последствий Э, а также влияние на результаты нормирования многочисленных случайных факторов позволяют говорить не о «точечном» оптимальном решении рассматриваемой задачи, а об области таких решений, как это и показано на рисунке 2. Именно поэтому нами предлагается перейти от традиционного «точечного» к более реалистичному интервальному нормированию запасов полезных ископаемых как при открытой, так и подземной разработке месторождений.

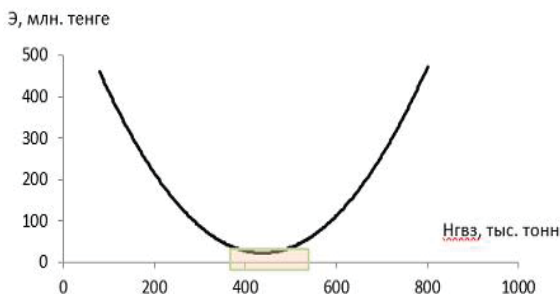


Рисунок 2 - Влияние нормативного объема готовых к выемке запасов на экономические последствия принимаемых решений

В зависимости от ситуации, сложившейся в шахте/карьере, фактические уровни обеспеченности запасами разных категорий готовности к добыче могут меняться в очень широком диапазоне - от «очень высокого» до «крайне низкого». В том и другом случае экономике предприятий, государству и, следовательно, всему обществу наносится огромный ущерб, о размерах которого можно только догадываться. К сожалению, сегодня мало кто пытается оценить действительный масштаб этого ущерба, так как в существующей системе менеджмента всех уровней не предусмотрен учет и контроль упущенных возможностей, возникающих при реализации неоптимальных, ошибочных решений.

Для того, чтобы изменить эту ситуацию к лучшему, на каждом действующем горнодобывающем предприятии должна быть создана система гибкого нормирования и управления запасами полезных ископаемых. В этих системах необходимо предусмотреть возможность

выбора и реализации одного из трех режимов управления запасами разных категорий готовности к добыче (Таблица 1):

- режим поддержания объемов и качества запасов на достигнутом уровне,

- режим наращивания запасов,

- режим сокращения запасов.

Первый из них применяется, когда нормативы и качество запасов всех трех категорий готовности к добыче находятся в допустимых пределах. В этой ситуации объемы прироста запасов должны быть равны объемам их погашения.

Второй режим вводится в действие, когда наблюдается дефицит и/или неудовлетворительное качество запасов определенной(ых) категории(й) готовности. Чтобы выйти из этой ситуации, объемы прироста и качество наращиваемых запасов должны быть выше объемов и качества их погашаемых запасов.

Таблица 1 - Режимы управления запасами полезных ископаемых

| №   | Режимы управления запасами | Объекты управления (запасы руды) |                    |                       |
|-----|----------------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------|
|     |                            | Вскрытые (В)                     | Подготовленные (П) | Готовые к выемке (ГВ) |
| 1   | Режим поддержания:         |                                  |                    |                       |
| 1.1 | $A_1$                      | В                                | -                  | -                     |
| 1.2 | $A_2$                      | -                                | П                  | -                     |
| 1.3 | $A_3$                      | -                                | -                  | ГВ                    |
| 2   | Режим наращивания:         |                                  |                    |                       |
| 2.1 | $B_1$                      | В                                | -                  | -                     |
| 2.2 | $B_2$                      | -                                | П                  | -                     |
| 2.3 | $B_3$                      | -                                | -                  | ГВ                    |
| 3   | Режим сокращения:          |                                  |                    |                       |
| 3.1 | $V_1$                      | В                                | -                  | -                     |
| 3.2 | $V_2$                      | -                                | П                  | -                     |
| 3.3 | $V_3$                      | -                                | -                  | ГВ                    |

Третий режим применяется, когда признается наличие избыточных запасов и расчетами доказана техническая возможность и экономическая целесообразность их сокращения.

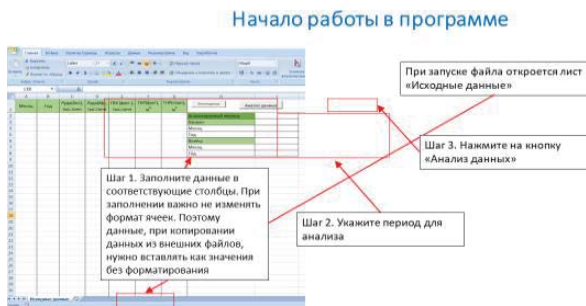
Так как решение задач оптимального нормирования запасов полезных ископаемых должно осуществляться на регулярной основе и на всех действующих горнодобывающих предприятиях, целесообразно как можно скорее перейти от традиционных ручных к «цифровым»

технологиям их решения. В качестве примера покажем возможности этих технологий при решении следующего комплекса задач оптимального нормирования готовых к выемке запасов полезных ископаемых:

1. Построение графиков и таблиц динамических рядов.
2. Оценка ЛПР ситуации, сложившейся с обеспеченностью и восполнением готовыми к выемке запасами.
3. Расчет экономического ущерба от перепроизводства готовых к выемке запасов.
4. Построение графиков и таблицы расчетных значений нормативов готовых к выемке запасов.
5. Построение гистограммы и эмпирической функции распределения вероятностей значений коэффициента выполнения месячных планов добычи руды.
6. Построение графиков и таблицы расчетных данных об экономическом ущербе от срыва выполнения месячных планов добычи руды.
7. Построение графиков и таблицы данных об экономическом ущербе по причине «замораживания» денежных средств, вложенных в готовые к выемке запасы.
8. Расчет экономических последствий (ущерба) и эффекта от реализации решений, принимаемых при нормировании готовых к выемке запасов.
9. Выполнение проверочного расчета ожидаемого годового экономического эффекта с использованием показателей наличия и движения оборотного капитала.
10. Проверка остаточных запасов выемочных единиц.
11. Построение гистограммы и эмпирической функции распределения вероятностей значений коэффициента выполнения планов горно-нарезных работ.
12. Обоснование интервалов допустимых значений нормативов готовых к выемке запасов.
13. Построение контрольных диаграмм.
14. Формирование и выдача на печать «Отчета о результатах нормирования готовых к выемке запасов полезных ископаемых на предстоящий период».
15. Актуализация исходных данных и решение в цикле задач 1-14.

На рисунке 3 показаны стартовое и итоговое экраны программы, предназначенной для решения указанного комплекса задач. С ее помощью можно выполнять расчеты интервалов оптимальных значений нормативов готовых к выемке запасов, отслеживать характерные тенденции изменения влияющих на них факторов и своевременное вносить необходимые коррективы в расчеты нормативов.

Ожидаемые результаты отказа от фиксированных (точечных) значений нормативов запасов полезных ископаемых и перехода к применению гибких (плавающих, интервальных) нормативов.



(а)



(б)

Рисунок 3 – Стартовое (а) и итоговое (б) окна программы решения комплекса задач нормирования готовых к выемке запасов

1. Ввод существующих систем разработки и восполнения запасов полезных ископаемых в оптимальный режим функционирования и развития.
2. Минимизация экономических последствий принятия ошибочных решений при нормировании запасов.
3. Перевод на цифровую основу расчетов, связанных с обоснованием оптимальных нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых.
4. При получении положительных результатов реализации предлагаемого проекта на одном из ведущих предприятий черной или



цветной металлургии – расширение сферы применения предлагаемого подхода и программного обеспечения на других действующих предприятиях.

В заключение отметим, что главным препятствием для повсеместной реализации новых подходов к решению проблемы нормирования и управления вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами полезных ископаемых является недопонимание собственниками и менеджерами многих предприятий всей важности и необходимости решения этой проблемы на современной научной и инструментальной основе.

### **Литература**

1. Лисенков А.А. Проблема нормирования запасов полезных ископаемых по степени подготовленности к разработке: состояние и пути решения/Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации в области естественных наук как основа экспортно-ориентированной индустриализации Казахстана» - Алматы, КазНАЕН, НЦ КПМС РК, 2019. - С.171-176

### **References**

1. Lisenkov A.A. Problema normirovaniya zapasov poleznych ickopaemih po stepeni ih podgotovlennosti k razrabotke: sostoianie i puti peshenia/Materiali Meshdunarodnoy nauchno-practicheckoy konferencii «innovacii v oblasti estestvennih nauk kak osnova eksportno-orientirovannoi industrializacii Kazakhstana» - Almaty

Данное исследование проводилось в рамках целевой научно-технической программы «Технологическая модернизация горных производства на основе перехода к цифровой экономике» (№ BR05236712)

ӨОЖ 622.013:533.042

### **Резюме**

*Лисенков А.А., Джарлпаганов У.А., Бимурат Ж.  
Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен институты, Алматы қаласы*

*Пайдалы қазбалар қорларының нормативтерін оларды өндіруге технологиялық дайындығы дәрежесі бойынша оңтайландыру*

*Пайдалы қазбалар қорларын қазіргі ғылыми және аспаптық негізде өндіруге технологиялық дайындығы дәрежесі бойынша мәселелерді шешу мүмкіндіктері мен әдістері талқыланады.*

*Түйінді сөздер: пайдалы қазбалар қоры, технологиялық дайындық, нормалау, өндіру, оңтайландыру*

**Summary**

*Lisenkov A.A., Dsharkaganov U.A., Bimurat G.  
Institute of Mining named after D.A. Kunaev, Almaty*

*Optimization of mineral reserve standards by the degree of their technological readiness  
for mining*

*The possibilities and methods of solving the problems of optimal rationing of mineral reserves by the degree of their technological readiness for production on a modern scientific and instrumental basis are discussed.*

*Key words: mineral, technological preparation, normalization, extraction, optimization.*

**Буктуков Н.С.<sup>1</sup>, Волков А.П.<sup>1</sup>, Баитов Ж.К.<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, г. Алматы;

<sup>2</sup>АО «НГК «Тау-Кен Самрук», г. Астана)

## **ЧАСТНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОРОДЫ И ВОДЫ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ИСКУССТВЕННОГО СЕЛЕВОГО ВОДО-КАМЕННОГО ПОТОКА ПО ЖЕСТКОМУ РУСЛУ**

*Аннотация. В связи с началом развития и становления новой высокоэффективной технологии отработки наклонных рудных месторождений с селеставкой отбитой горной массы возникла необходимость в разработке математической модели возникновения и развития искусственного селевого водо-каменного потока в зависимости от скоростей воды и породы, ее гранулометрического состава и коэффициента разрыхления.*

*Предполагается, что вода движется сквозь навал отбитой руды вровень с верхом навала.*

*Чтобы не зависеть ни от полной массы руды ни от протяженности и распределения навала вдоль рассматриваемого русла, целесообразно решать задачу для единичных объемов. При этом решение задачи для единичных объемов без особых трудностей может быть распространено на любой конкретный навал простым суммированием (интегрированием) по объему навала. В настоящей статье даны решения задачи по определению скоростей движения породы  $V_n$  и воды  $V$ , приводящие уравнения движения для  $F_n$  и  $F_w$  к системе нелинейных уравнений первого порядка, которые могут решаться численно.*

*Ключевые слова: плотность горных пород, искусственный селевой поток, коэффициент разрыхления, гранулометрический состав, единичный объем, сила сопротивления.*

В естественных условиях селевые потоки оказывают разрушительное действие на природу и хозяйственные объекты, однако они способны также перемещать большое количество твердого материала за короткое время на значительное расстояние. Известны некоторые примеры практического применения селевых потоков: как накопление строительного материала и проходка геолого-разведочных канав на горных склонах [1].

Наличие легкоразрушаемых аллювиальных отложений горных пород на россыпных нагорных месторождениях и достаточное количество воды, постоянно протекающей по этим месторождениям, создают благоприятные условия для формирования управляемых искусственных селевых потоков и разработки на основе их использования принципиально новых технологических схем с селетранспортировкой вскрышных пород [2,3].

Для отработки наклонных рудных залежей на подземных рудниках предложены способы разработки в которых также используются

искусственные селевые водо-каменные потоки для доставки отбитой руды по почве наклонных выемочных камер [4,5]. Сущность этой технологии заключается в том, что выемочные камеры располагают по восстанию рудной залежи, а вдоль их осей проходят наклонные буровые выработки сечением 5-6 м<sup>2</sup>, из которых осуществляют отбойку руды зарядами ВВ в веерных комплектах скважин, пробуренных из этих выработок. Затем на навал отбитой руды по наклонной буровой выработке подают мощный поток воды, который выпускают в течении короткого времени из аккумулирующей емкости, расположенной в верхней части камеры. В результате взаимодействия потока воды и навала отбитой руды образуется селевой водо-каменный поток, который под действием гравитационных сил перемещается вниз по наклонной почве камеры (руслу потока) на откаточный горизонт в рудоприемную выработку. После оттока воды через дренажные перемычки в водосборник рудная масса грузится в автосамосвалы и доставляется до капитального рудоспуска или ствола.

Применение селедоставки отбитой руды на рудниках комбината «Ачполиметалл» в 1983 году показало высокую эффективность этой технологии при отработке наклонных рудных залежей [6,7].

Так как в добычном технологическом процессе селевой поток выступает в качестве средства доставки, предложено назвать такой способ доставки отбитой руды – селедоставкой, а поскольку местом образования искусственных селей на горных предприятиях являются подземные горные выработки, предложено назвать сели, воспроизводимые в этих условиях, шахтными селевыми потоками [8].

Основные силы, действующие на массы породы  $F_n$  и воды  $F_b$ , содержащихся в объеме  $V_1$  представлены следующей системой уравнений [9]

$$\begin{cases} F_i = \frac{\rho V_1}{\hat{E}_\delta} \frac{dV_n}{dt} = \frac{(\rho - \rho_o) V_1 q}{\hat{E}_\delta} (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) + \frac{\zeta C \rho_o (V - V_n)^2}{2 \hat{E}_\delta \rho \xi} \int_0^{d \max} m(x) dx \\ F_d = \frac{(\hat{E}_\delta - 1)}{\hat{E}_\delta} \rho_o V_1 \frac{dV}{dt} = \frac{(\hat{E}_\delta - 1)}{\hat{E}_\delta} \rho_o V_1 q \sin \alpha - \frac{\zeta C \rho_o (V - V_n)^2}{2 \hat{E}_\delta \rho \xi} \int_0^{d \max} \frac{m(x) dx}{x} \end{cases} \quad (1)$$

где  $\alpha$  – угол наклона русла;  $q$  – ускорение свободного падения,  $V_n$ ,  $V$  – скорости породы и воды соответственно,  $F_c$  – сила сопротивления руды водному потоку,  $K_p$  – коэффициент разрыхления,  $\mu$  – динамический коэффициент трения,  $\rho$  – плотность породы,  $\rho_o$  – плотность воды,  $\zeta$  – поверхностный коэффициент формы,  $\xi$  – объемный коэффициент формы,  $C$  – коэффициент сопротивления.

Оба уравнения (1) сводятся к уравнениям с разделяющимися переменными и отличаются только значениями соответствующих коэффициентов, задающих конкретный вид решения. При этом решения

обоих уравнений должны быть совместными и иметь одинаковые начальные и граничные условия для соответствующих переменных.

Для решения поставленной задачи определения скоростей движения породы и потока воды рассмотрим вначале уравнение сил действующих на воду  $F_b$  – второе уравнение в системе (1). Данное уравнение может быть приведено к простейшему виду

$$\frac{dV}{dt} = \beta \sin \alpha - \gamma(V - V_n)^2$$

где 
$$\beta = \frac{(K_\delta - 1)\rho_o V q}{(\hat{E}_\delta - 1)\rho_o V_1} = q; \quad \gamma = \frac{\zeta \tilde{N}}{2(K_p - 1)V_{1\rho} \xi} \int_0^{d_{\max}} \frac{m(x)dx}{x}$$

введя обозначения  $a_1 = q \sin \alpha$  получим

$$\frac{dV}{a_1 - \gamma(V - V_n)^2} = \frac{dV}{-\gamma V^2 + 2\gamma V_n + a_1 - \gamma V_n^2} = dt$$

Решение данного уравнения зависят от соотношения коэффициентов при  $V^2$ ,  $V$  и свободного члена  $a_1 - \gamma V_n^2$  [10]. В нашем случае  $b^2 = 4\gamma^2 V_n^2$ ;  $4ac = 4(\gamma^2 V_n^2 - 4a_1)$  причем  $a_1 > 0$  следовательно  $b^2 > 4ac$  и решение имеет вид

$$\frac{1}{\sqrt{b^2 - 4ac}} \ln \left| \frac{2ax + b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2ax + b + \sqrt{b^2 - 4ac}} \right| = t + C_1 \quad (2)$$

где  $a = -\gamma$ ;  $b = 2\gamma V_n$ ;  $C = a_1 - \gamma V_n^2$   
 $x = V$ , или поскольку  $\sqrt{b^2 - 4ac} = \sqrt{4\gamma a_1}$

$$\frac{1}{4\gamma a_1} \ln \left| \frac{-2\gamma V + 2\gamma V_n - \sqrt{4\gamma a_1}}{-2\gamma V + 2\gamma V_n + \sqrt{4\gamma a_1}} \right| = t + C_1$$

где  $C_1$  – постоянная зависящая от начальной скорости воды при нулевой скорости породы  $V_n = 0$

Например, при нулевой начальной скорости воды  $V(t=0)=0$  имеем

$$\frac{1}{\sqrt{4\gamma a_1}} \ln \left| \frac{-\sqrt{a_1/\gamma}}{+\sqrt{a_1/\gamma}} \right| = 0 + C_1$$

откуда  $C_1=0$ .

Для начальной скорости воды отличной от нуля

$$\frac{1}{\sqrt{4\gamma a_1}} \ln \left| \frac{V_o + \sqrt{a_1/\gamma}}{V_j \sqrt{a_1/\gamma}} \right| = 0 + C_1$$

где  $V_o = V(t=0)$  и решение будет иметь вид

$$\frac{1}{\sqrt{4\gamma a_1}} \ln \left\{ \left| \frac{V_n - V - \sqrt{a_1/\gamma}}{V_n - V + \sqrt{a_1/\gamma}} \right| \cdot \left| \frac{V_o - \sqrt{a_1/\gamma}}{V_o + \sqrt{a_1/\gamma}} \right| \right\} = t \quad (3)$$

Решение (3) есть временная функция двух переменных  $t=t(V, V_n)$  причем  $V_n$  входит в нее как произвольный параметр, требующий определения.

Чтобы определить скорость движения породы  $V_n$  нам необходимо решить уравнение движения для  $F_n$  – первое уравнение из (1).

Это уравнение заменим

$$C_1 = q \frac{(\rho - \rho_o)V_1}{Kp} [\sin \alpha - \mu \cos \alpha]$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{Kp} \int_0^{d \max} C \rho_o \zeta \frac{m(x) dx}{2 \rho \xi x} = \frac{C \rho_o \zeta}{2 K_\delta \rho \xi} \int_0^{d \max} \frac{m(x) dx}{x}$$

$$\delta = \frac{\rho V_1}{\hat{E}_\delta}$$

приводится к виду 
$$\delta \frac{dV_n}{dt} = C_1 + \gamma_1 (V - V_n)^2$$

или 
$$\frac{dV_n}{C_1/\gamma + V_n^2 - 2VV_n + V^2} = \frac{\gamma_1}{\delta} dt$$

так как;  $x = ax^2 + bx + c$

принимая  $a = 1$ ;  $b = -2V$ ;  $C = C_1/\gamma_1 + V^2$  получаем два вида решений:

1) при  $C_1 > 0$ ;  $\sin \alpha > \mu \cos \alpha$  условие движения увлажненной породы (оползень)  $b^2 = 4V^2$ ;  $4ac = 4C_1/\gamma_1 + 4V^2$

$4ac > b^2$  следовательно решение имеет вид

$$\frac{2}{\sqrt{4ac - b^2}} \operatorname{arctg} \frac{2aV_n + b}{\sqrt{4ac - b^2}} = \frac{\gamma_1 t}{\delta} + C_2$$

откуда подставляя значение  $a, b, c$  имеем:

$$\frac{1}{\sqrt{C_1/\gamma_1}} \operatorname{arctg} \frac{V_n - V}{\sqrt{C_1/\gamma_1}} = \frac{\gamma_1}{\delta} t + C_2 \quad (4)$$

где постоянная  $C_2$  определяется начальными скоростями  $V_n, V$  при  $t = 0$

2) При условии, когда оползня не происходит, т.е. при  $\mu \cos \alpha > \sin \alpha$  и

$$C_1 < 0 \quad b^2 = 4V^2 > 4ac = 4C_1/\gamma + 4V^2$$

решение уравнения для  $F_n$  принимает вид:

$$\frac{1}{\sqrt{b^2 - 4ac}} \ln \left| \frac{2aV_n + b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2aV_n + b + \sqrt{b^2 - 4ac}} \right| = \frac{\gamma_1}{\delta} t + C_2$$

или после подставки  $a, b$  и  $c$

$$\frac{1}{\sqrt{4|C_1/\gamma_1|}} \ln \left| \frac{V_n - V - \sqrt{|C_1/\gamma_1|}}{V_n - V + \sqrt{|C_1/\gamma_1|}} \right| = \frac{\gamma_1}{\delta} t + C_2 \quad (5)$$

именно данное решение соответствует смыслу породы водяным потоком при соответственных значениях  $C_1, \gamma$  и  $\delta$ .

При этом полное решение может быть получено при совместности (5) и (3). Из начальных значений  $V_n=0; V=V_0$  при  $t=0$  имеем

$$C_2 = \frac{1}{\sqrt{4}} \ln \left| \frac{V_0 + \sqrt{|C_1/\gamma|}}{V_0 - \sqrt{|C_1/\gamma|}} \right|$$

Подставив в (5)  $C_2$  и поделив все уравнение на  $\frac{\gamma_1}{\delta}$  получим решение в виде

$$\frac{\delta}{2\sqrt{|C_1\gamma_1|}} \ln \left\{ \frac{V_n - V - \sqrt{|C_1/\gamma_1|}}{V_n - V + \sqrt{|C_1/\gamma_1|}} \times \frac{V_0 - \sqrt{|C_1/\gamma_1|}}{V_0 + \sqrt{|C_1/\gamma_1|}} \right\} = t \quad (6)$$

где  $V_0$  - начальная скорость воды как и в выражении (3).

Следует отметить, что сами по себе уравнения (1) являются нелинейными уравнениями второго порядка, решение которых в большинстве случаев наталкивается на значительные трудности.



Однако, в нашем случае независимость ускорений  $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dV}{dt}$ ;  $\frac{d^2x_n}{dt^2} = \frac{dV_n}{dt}$

от координат позволило свести их к системе уравнений первого порядка. Решения (3); (6) также представляют из себя систему нелинейных уравнений первого порядка

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = V(x, x_n, t) \\ \frac{dx_n}{dt} = V_n(x, x_n, t) \end{cases}$$

где  $x$ ,  $x_n$  – координаты элементарных объемов воды и породы соответственно и могут решаться численно.

В нашей модели мы рассматриваем взаимодействие элементарных объемов  $V_1$  воды и породы. При этом если рассмотреть цепочку таких объемов расположенных вдоль навала, можно решать задачу последовательно для каждого элементарного объема вдоль всей протяженности навала с учетом энергетических потерь и сил взаимодействия соседних объемов.

### Литература

1. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометиздат.–1978.–309с.
2. Абдуев Н.С., Буктуков Н.С. Отработка нагорных россыпных месторождений с использованием искусственных управляемых селевых потоков // Горный информационный-аналитический бюллетень, МГГУ. – Москва, 2000.-№11 -с.112-117.
3. Абдуев Н.С. Вскрытие участка межгорной впадины Кенсуат с селетранспортировкой аллювиальных отложений / Ин-т горн. Дела им. Д.А. Кунаева НЦ КПМС РК (ИГД). – Алматы, 2000. – 7 с.: 3 ил.-Библиогр.: 3 назв.-Рус.-Деп. В КазгосИНТИ 28.06.2000, №8824-Ка00.
4. Грибанов В.Ф., Еловииков И.В., Мауленкулов С.М. Способ разработки рудных тел пологого и наклонного залегания. Авт. свид. №573594, (СССР) кл. E21C 41/06, 1977.
5. Дюков В.Л., Волков А.П. Способ разработки наклонных рудных залежей. Авт. свид. №1490284, (СССР) кл. E21C 41/06, 1989.
6. Грибанов В.Ф. Отработка наклонных залежей с взрывогидродоставкой руды на руднике Миргалимсай. ВНИИНТИ, №6047-82.Деп. – 7с.
7. Грибанов В.Ф., Сейдалиев А.С. Разработка пологопадающих рудных месторождений с взрывогидродоставкой руды. – Алма-Ата, 1987.-71с.
8. Дюков В.Л., Волков А.П., Бахмагамбетов Б. Шахтные сели и их отличие от природных селевых потоков / Комплексное использование минерального сырья. – Алма-ата: Наука, 1987, №9. – с.4-8.
9. Рогов Е.И., Буктуков Н.С., Савоста В.С., Волков А.П. к определению основных параметров селедоставки горной массы при подземной разработке наклонных рудных залежей // Труды Института горного дела им. Д.А. Кунаева, Том 68(1), 2004, с.366-371.
10. Г.Б. Двайт. Таблицы интегралов. М.: Наука, 1966, 228 с.

## References

1. Fleishman S.M. Seli. – L.: Gidrometizdat.–1978.–309s.
2. Abduev N.S., Buktukov N.S. Otrabotka nagornyh rossypanyh mestorozhdenij s ispol'zovaniem iskusstvennyh upravljajemyh selevyh potokov // Gornyj informacionnyj-analiticheskij bjulleten', MGGU. – Moskva, 2000.-№11 -s.112-117.
3. Abduev N.S. Vskrytie uchastka mezhgornoj vpadiny Kensuat s seletransportirovkoj alljuvial'nyh otlozhenij / In-t gorn. Dela im. D.A. Kunaeva NC KPMS RK (IGD). – Almaty, 2000. – 7 s.: 3 il.-Bibliogr.: 3 nazv.-Rus.-Dep. V KazgosINTI 28.06.2000, №8824-Ka00.
4. Gribanov V.F., Elovikov I.V., Maulenkulov S.M. Sposob razrabotki rudnyh tel pologogo i naklonnogo zaleganiya. Avt. svid. №573594, (SSSR) kl. E21S 41/06, 1977.
5. Djukov V.L., Volkov A.P. Sposob razrabotki naklonnyh rudnyh zalezhej. Avt. svid. №1490284, (SSSR) kl. E21S 41/06, 1989.
6. Gribanov V.F. Otrabotka naklonnyh zalezhej s vzryvogidrodostavkoj rudy na rudnike Mirgalimsaj. VNIINTI, №6047-82.Dep. – 7s.
7. Gribanov V.F., Sejdaliev A.S. Razrabotka pologopadajushhih rudnyh mestorozhdenij s vzryvogidrodostavkoj rudy. – Alma-Ata, 1987.-71s.
8. Djukov V.L., Volkov A.P., Bahmagambetov B. Shahtnye seli i ih otlichie ot prirodnyh selevyh potokov / Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja. – Alma-ata: Nauka, 1987, №9. – s.4-8.
9. Rogov E.I., Buktukov N.S., Savosta V.S., Volkov A.P. k opredeleniju osnovnyh parametrov seledostavki gornoj massy pri podzemnoj razrabotke naklonnyh rudnyh zalezhej // Trudy Instituta gornogo dela im. D.A. Kunaeva, Tom 68(I), 2004, s.366-371.
10. G.B. Dvajt. Tablicy integralov. M.: Nauka, 1966, 228 s.

УДК 51.001.57:532.5.011

## Резюме

Буктуков Н.С.<sup>1</sup>, Волков А.П.<sup>1</sup>, Баитов Ж.К.<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>Д. Қонаев ат. Тау-кен істері институты, Алматы қ.;  
<sup>2</sup>«Тау-Кен Самұрық» ҰТК» АҚ, г. Астана)

*Жасанды сел су-тас ағымының қатты арна арқылы қозғалуы кезіндегі тау жынысы мен судың қозғалыс жылдамдықтарын анықтау есебінің жеке шешімдері*

*Уатылған кен массасы селмен бірге жеткізілетін көлбеу кенорындарын өңдеудің тиімділігі жоғары технологиясы дамып және жаңадан құрыла бастауына байланысты жасанды сел су-тас ағымын су мен жыныстың жылдамдығына, оның гранулометриялық құрамы мен қопсу коэффициентіне байланысты туындау мен дамуының математикалық үлгісін әзірлеу қажеттігі туындады.*

*Су уатылған кен үйіндісі арқылы үйіндінің жоғарғы бетімен бірдей қозғалады деп көзделуде.*

*Кеннің толық массасына да, үйіндінің қарастырылып отырған арнаның бойымен созылу мен таралуына да тәуелді болмау үшін бірлік көлемдерге арналған есепті шығарған тиімді болады. Бұл жағдайда бірлік көлемдерге арналған есепті ерекше қиындықсыз шешудің күші кез келген нақты үйіндіге үйіндінің көлемі бойынша қарапайым қосындылаумен (интегралдаумен) таралуы мүмкін. Бұл мақалада  $F_n$  және  $F_e$  арналған қозғалыс теңдеулерін сандық түрде шешуге болатын*

*бірінші қатардағы сызықтық емес теңдеулер жүйесіне келтіретін  $V_n$  жыныс пен  $V$  судың қозғалыс жылдамдықтарын анықтау есептерінің шешімдері берілген.*

*Негізгі сөздер: тау жыныстарының тығыздығы, жасанды сел ағымы, қопсу коэффициенті, гранулометриялық құрам, бірлік көлем, кедергі күші.*

UDK 51.001.57:532.5.011

### **Summary**

*Buktukov N.S.<sup>1</sup>, Volkov A.P.<sup>1</sup>, Baitov Zh.K.<sup>2</sup>*

*(<sup>1</sup>D.A. Kunayev Mining Institute, Almaty;*

*<sup>2</sup>JSC National Mining Company Tau-Ken Samruk, Astana)*

*Specific solutions of the task for determining the speeds of the earth and water movement during the artificial mud flow in a hard bed*

*In connection with the beginning of the development and formation of a new high-performance technology for mining inclined ore deposits with the mudflow delivery of broken rock mass, it became necessary to develop a mathematical model for the emergence and development of artificial mud flow depending on water and rock velocities, its particle size distribution and fragmentation index.*

*It is assumed that the water moves through the bulk of the broken ore flush with the top of the pile.*

*In order not to rely either on the total mass of the ore or on the length and distribution of the pile along the bed at question, it is advisable to solve the problem for individual volumes. At the same time, the solution of the problem for individual volumes without special difficulties can be applied to any particular pile by simply summing (integrating) by the volume of the pile. This article provides solutions to the problem of determining the velocities of the rock  $V_p$  and water  $V$ , citing the equations of motion for  $F_p$  and  $F_v$  to a system of first-order nonlinear equations that can be solved numerically.*

*Key words: rock density, artificial mudflow, fragmentation index, particle size distribution, individual volume, resistance force.*

**Жалгасулы Н<sup>1</sup>., Когут А.В<sup>1</sup>., Исмаилова А.А.<sup>1</sup>, Дарменкулова А.Б.<sup>1</sup>, Куандыкова Э.М.<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>ИГД им.Д.А. Кунаева, г.Алматы, <sup>2</sup>КазНАУ, г.Алматы)

## **ПРОИЗВОДСТВА ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ УГОЛЬНОГО СЫРЬЯ КАЗАХСТАНА**

*Аннотация. Комплексное использование запасов бурых углей открывает широкие возможности для обеспечения нужд как Республики, так и Ближнего зарубежья в высокоэффективных микроудобрениях и физиологически активных препаратах, повышающих продуктивность растений на солончаковых почвах.*

*Ключевые слова: бурые угли, переработка, препарат-стимулятор, культурные растения, засоленная почва, рекультивация.*

Республика Казахстан располагает достаточно значительными запасами бурых углей марки БЗ, наиболее гумусосодержащими являются следующие месторождения: Алаколь-7,6 млн т., Майкубен -104,6 млн т., Ой-Карагай-8,0 млн т., Киякты-113,0 млн т, Ленгер-160 млн т, Сарыколь-393 млн т и т.д.

Месторождение Киякты расположено в Центральном Казахстане в 200 км от г. Жезказгана и 309 км от г.Аральска, установлено, что общие запасы составляют 113 млн т, а эксплуатационные только в Центральном участке 32 млн т. В нижней толще вскрышных пород месторождения имеется прослойка угля богатой гуминовыми кислотами (до 69 %). Мощность прослойки до 1,5 м, глубина залегания 3-7 м запасы биопрослойки богатого гумусом, в Восточном блоке Центрального участка месторождения около 3,5 млн т.

На угольном разрезе, вскрытом карьером с северо-западного борта на расстоянии 3,2 м обнаружены выбраны с большим содержанием гуминовых кислот и удовлетворительной рН водной вытяжки и составлена картограмма всего разреза для селективной добычи угля. Анализ этих проб, приведенной в таблице 1, показал, что рН водной вытяжки близок к нейтральной и колеблется в пределах 6,7-7,0, уровень радиоактивности не превышает 226,2 Бк/кг. Содержание гуминовых кислот в среднем достигает 69,2%, в отдельных пробах доходит до 70,5%. Содержание летучих веществ составляет 40,0 %, битумов 0,3-1,3 %. Уголь этого участка характеризуется незначительными изменениями по составу. Характер засоления хлоридно-сульфатный.

Месторождение Ой-Карагай, расположено среди юго-восточных отрогов хр. Кетмень в 90 км от поселка Нарынкол, восточной части Алматинской области. Окисленные угли находятся в верхней части угольного пласта.

На основании проведения полевых литолого-геохимических исследований четырех сечений угольного разреза, вскрытого карьером и химико-технологических испытаний бороздовых проб, зона окисления подразделений с учетом содержания гуминовых кислот и pH на две части: верхнюю, мощностью 2,6-9,0 м, сложенную рыхлыми окисленными углями и нижнюю, мощностью 5,5-11,0 м, тусклыми, полуокисленными углями низкой механической прочности.

Анализ этих проб показал, что содержание гуминовых кислот в верхней части менее 30%, pH водной вытяжки 6,0, а в нижней до 64-72 % и pH водной вытяжки 6,0 (5,9-4,7).

Химический состав углей зоны окисления месторождения Ой-Карагай, дается на основании химических, спектральных анализов, выполненных в аналитической лаборатории КазНУ им. Аль-Фараби. В составе окисленных бурых углей установлены следующие соединения (%):  $\text{SiO}_2$ -25.45;  $\text{TiO}_2$ -1.25;  $\text{MgO}$ -1.62;  $\text{SO}$ -7.85;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -21.56;  $\text{P}_2\text{O}_5$ - 0.08;  $\text{K}_2\text{O}$ -0.75;  $\text{BaO}$ -4.06;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -20.37;  $\text{CaO}$ -17.03;  $\text{Na}_2\text{O}$ -0.16; N-0.6 [1-3].

Выход летучих веществ составляет 43,1%, битумов - 1,34%, зольность углей -20,7%. Месторождение характеризуется непостоянством состава с преобладанием железисто-известковой разновидности. Окисленные угли в небольшом количестве содержит также подвижные формы макро-и микроэлементов (мг/кг): аммиачный и нитратный азот соответственно 8,7-12,0 и 1,8-3,3; Fe-1.63-37.3; Zn-0.6-1.13; CO-0.06-0.19; Cu - 0.08-2.5; Mn -1.5-5.4; Mo-0.1-0.25; B-0.8-2.5.

Содержание свинца и кадмия ниже предельно-допустимых количеств. Угли характеризуются высокой емкостью катионного обмена (111,6-262,1 мг-экв/100г) и сорбцией азота из раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , которая составляет 4,9 г на 1 кг угля. Среди обменных оснований преобладает кальций (33,9-89,8 мг-экв), магний (14,4-29,8 мг-экв) и натрий (0,42-0,88 мг-экв). При этом наблюдается четко выраженная тенденция уменьшения суммы обменных катионов сверху вниз по разрезу зоны окисления. Содержания гуминовых кислот, закономерно возрастает сверху-вниз по разрезу зоны окисления от 7,8 до 14,0-64,0%.

Как видно из приведенных результатов анализа, бурый уголь богат гуминовыми кислотами и может использоваться для получения биологически и физиологически активных препаратов.

Проведенный анализ современных технологий получения балластных и безбалластных гуминовых препаратов из бурых окисленных углей показал, что все известные технологии предусматривают извлечение гуминовых кислот в виде гуматов аммония, натрия, калия, кальция, оксигуматов, гидрогуматов, гумахим и др. соединений гуминовых кислот.

Таблица 1 - Химический состав проб бурого угля Кияктинского месторождения

| №  | Показатели                                    | Проба бурого угля, № |       |       |       |       | Среднее содержание |
|----|-----------------------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
|    |                                               | I                    | II    | III   | IV    | V     |                    |
| 1  | Влага, %                                      | 9,5                  | 9,7   | 9,8   | 9,6   | 9,9   | 9,7                |
| 2  | Влагоемкость, %                               | 27,8                 | 27,9  | 27,9  | 27,6  | 27,8  | 27,8               |
| 3  | РН, %                                         | 6,8                  | 6,9   | 7,0   | 6,69  | 6,7   | 6,8                |
| 4  | Азот, %                                       | 0,82                 | 0,87  | 0,88  | 0,9   | 0,87  | 0,87               |
| 5  | Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) мг/кг | 29,2                 | 28,1  | 29,0  | 30,0  | 30,1  | 29,3               |
| 6  | Обменный калий (K <sub>2</sub> O), мг/кг      | 169,1                | 170,2 | 170,4 | 170,0 | 175,5 | 170,0              |
| 7  | Натрий, %                                     | 3,1                  | 3,5   | 4,0   | 3,6   | 3,9   | 3,6                |
| 8  | Цинк, мг/кг                                   | 120                  | 125   | 121   | 122   | 124   | 122                |
| 9  | Железо, мг/кг                                 | 21                   | 23    | 25    | 20    | 18    | 21                 |
| 10 | Молибден, мг/кг                               | 19                   | 18    | 19    | 15    | 13    | 17                 |
| 11 | Кобальт, мг/кг                                | 0,3                  | 0,2   | 1,2   | 0,1   | 0,2   | 0,3                |
| 12 | Медь, мг/кг                                   | 60                   | 64    | 60    | 61    | 64    | 62                 |
| 13 | Бор, мг/кг                                    | 4,1                  | 4,2   | 4,0   | 3,8   | 3,4   | 3,9                |
| 14 | Марганец, мг/кг                               | 23                   | 21    | 20    | 19    | 18    | 20                 |
| 15 | Углерод, %                                    | 72,1                 | 73,4  | 74,5  | 74,0  | 74,1  | 73,6               |
| 16 | Хлор, %                                       | 0,3                  | 0,4   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,4                |
| 17 | Кальций CaO, %                                | 8,1                  | 8,2   | 8,5   | 8,4   | 8,3   | 8,3                |
| 18 | MgO, %                                        | 3,3                  | 3,4   | 3,0   | 3,1   | 3,2   | 3,2                |
| 19 | Кремнезем (SiO <sub>2</sub> ), %              | 38,3                 | 36,0  | 37,1  | 39,2  | 40,2  | 38,2               |
| 20 | Свинец (Pb), мг/кг                            | 110                  | 105   | 101   | 104   | 102   | 104,4              |
| 21 | Кадмий Cd, мг/кг                              | 3,1                  | 3,5   | 4,2   | 5,0   | 4,8   | 4,1                |
| 22 | Зольность, %                                  | 22                   | 21    | 23    | 20    | 22    | 22                 |
| 23 | Радиоактивность, Бк/кг                        | 134,4                | 170,2 | 210,3 | 225,1 | 226,2 | 192,5              |
| 24 | Гумус (общий)                                 | 68,5                 | 68,9  | 70,5  | 69,7  | 68,4  | 69,2               |

Микроэлементы играют важную роль в онтогенезе растений. Они входят в состав различных биологически активных веществ: гормонов, витаминов, ферментов, служат катализаторами, ускоряющими фотосинтез, синтез белков, процессы оплодотворения, развитие организмов. Недостаток или избыток отдельных микроэлементов в почве вызывает снижение урожая, ухудшение качества получаемой продукции, ослабление устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды на низкопродуктивных почвах Казахстана. Для нормального развития растений важное значение имеет не только количество отдельных микроэлементов в почвах, но и их соотношение.

По данным П.Г., Грабанова и Л.К., Путко, большинство почв Казахстана содержит средние концентрации меди, пониженные концентрации цинка, кобальта и очень низкие концентрации молибдена. Поэтому применение микроудобрений, содержащих медь, цинк, кобальт, молибден, в различных почвенно-климатических зонах Казахстана под

важнейшие сельскохозяйственные культуры способствует повышению их урожайности и улучшению качества продукции.

Эти положения явились основанием для обогащения природной полимерной основы гумата натрия медью, цинком, кобальтом, молибденом, а также азотом, фосфором, калием и железом, принадлежащим к элементам, безусловно, необходимым для большинства культурных растений. Оптимальное соотношение ингредиентов в обогащенном препарате для сильнозасоленных почв определялось методом биотестирования по Б.П. Строганову [4].

Известно, что для оценки мелиоративного состояния засоленных почв важное значение имеют эффекты, получаемые при помощи «биологических индикаторов», то есть гликофитных культурных растений, чутко и неадекватно реагирующих как изменения гидротермических условий окружающей среды, так и присутствие различных токсичных ионов в сложном многокомпонентном составе ионно-солевого комплекса почвы.

Высокая индивидуальная биотестирующая способность культурных растений на неблагоприятные внешние условия среды является их неотъемлемым физиологическим свойством, возникшим и сформировавшимся в процессе эволюции на протяжении многих миллионов лет, не поддающимся точному моделированию с помощью самых современных инструментальных методов. И это не случайно, так как никакие созданные человеком анализаторы не могут быть столь компактны, экономичны в энергетическом отношении, высокочувствительны и универсальны как сами растения, которые очень часто обладают и хорошими фитомелиоративными свойствами. Эти обстоятельства явились причиной для дальнейшего поиска более универсальных методов повышения устойчивости растений к экстремальным факторам среды.

Так, например, учитывая особенность роста и развития галофитной растительности на засоленных почвах авторы Р.Г.-П. Абдиева, Г.Г. Мамедов и Г.Г. Асадов предложили способ предпосевной обработки семян сельскохозяйственных растений, путем их замачивания в 12,5-50 процентных водных экстрактах галофитов, которые обладают физиологически активными свойствами и заметно повышают солеустойчивость и продуктивность культурных растений [5].

В 1988-2001 г.г. А.Г. Мамоновым и А.С. Кадук на щелочных сильнозасоленных почвах Южного Прибалхашья (Акдалинский и Каратальский массивы орошения) получены устойчивые положительные результаты повышения продуктивности риса и сопутствующих рису культур при предпосевной обработке семян водными экстрактами полыни белой (*Artemisia terrae albae*). Авторами установлено, что этот полынй обладает хорошим инсектицидным, бактерицидным, фунгицидным действием, выгодно отличается от многих галофитов, а также отдельных



микроэлементов (в частности молибдена, цинка и кобальта) физиологически активными свойствами и наиболее перспективен для повышения агрономической солеустойчивости растений на сильно- и очень сильнозасоленных почвах. Поэтому оптимальные концентрации водных экстрактов полыни белой, применяемые для предпосевной обработки семян, были использованы нами для дополнительного обогащения нового физиологически активного гуминового препарата с целью улучшения его полифункциональных свойств на засоленных почвах.

На основании всего изложенного нами и была разработана технология получения гуминового препарата с полифункциональными свойствами, повышающего экологическую устойчивость растений. Предлагаемая технология рассчитана на использования гуминовый препарат из бурых углей и органоминеральной прослойки месторождения Киякты.

Исходное сырье (бурый уголь и органоминеральная прослойка) очищается от посторонних включений (камней, органических остатков и т.п.) с помощью системы сит 1 и подаются в сушилку 2. Затем очищенное и подсушенное исходное сырье поступает в вибромельницу 3 и смешивается в ней с 10% аммиачной водой в пропорции Ж:Т= 1:1, которая подается в вибромельницу 3. В вибромельнице вся масса доводится до фракции 2-6 мм. Обработанная таким образом смесь подается в экстракторы 5, в которых подвергается воздействию инфразвуковых излучателей 6 в течение 5 минут. При этом частота инфразвуковых колебаний составляет 15-20 Гц, а температура смеси составляет 20-25°C. Затем смесь подается из экстракторов 5 в вакуум-сушилку и выдерживается в ней в течение 30 минут при температуре 40-60°C. Затем из вакуум-сушилки 7 полученный препарат обогащается макро и микроэлементами, экстрактами дикорастущих растений 8,9 и поступает в весовой озатор 10, развешивается и упаковывается во влагонепроницаемую упаковку (рисунок 1).

Разработанная технология получения гуминового препарата из бурых углей и органо-минеральной прослойки месторождения Киякты позволяет довести извлечение гуминовой кислоты из исходного сырья до 78%.

Результаты исследования элементного состава гуминового препарата, приведен в таблице 2.

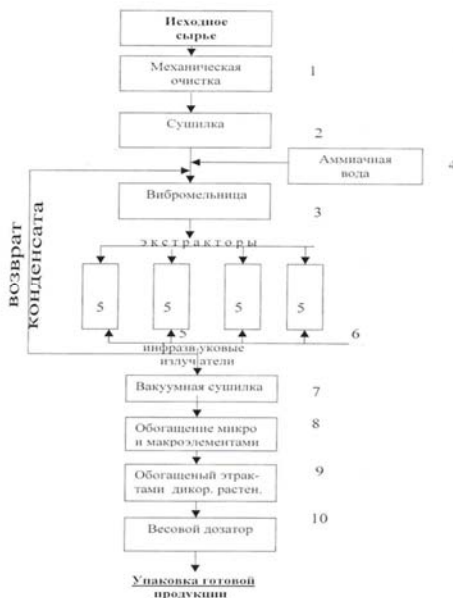


Рисунок 1 - Технология получения гуминового препарата из бурых углей

Таблица 2- Элементный состав гуминового препарата

| Гумат натрия    | Содержание, вес, % |      |     |      | Атомные отношения |       |      |
|-----------------|--------------------|------|-----|------|-------------------|-------|------|
|                 | С                  | Н    | N   | O    | C:H               | C:N   | C:O  |
| 1. Бурый уголь  | 29,2               | 35,9 | 1,6 | 33,4 | 0,81              | 18,26 | 0,87 |
| 2. Биопрослойка | 27,8               | 27,9 | 1,9 | 42,3 | 0,99              | 14,5  | 0,6  |

Анализ полученных данных и сравнение их с данными химического анализа угля Кияктинского месторождения показывает, что содержание таких элементов как медь, молибден, цинк, кобальт находятся в пределах необходимых достаточных для зерновых культур.

Известно, что все культурные гликофитные растения проявляют наиболее чувствительность к неблагоприятному воздействию солей в молодом возрасте, особенно в период прорастания семян и появления всходов. Поэтому получение нормальных всходов и обеспечение их роста и развития на ранних стадиях онтогенеза является решающим моментом для повышения эффективного плодородия засоленных почв, а все агромероприятия, направленные на ускорение получения всходов, способствует повышению и их солеустойчивости. Ответная реакция

испытуемых культур на предпосевную обработку семян водными растворами гумата натрия неоднозначна и определяется их биологическими особенностями. Так, для семян пшеницы наиболее эффективны 1,0-2,5% растворы, ячменя - 0,5-3,0%-ные растворы, риса - 1,0-3,0%, а сои - 0,005-0,04% растворы. Более низкие, а также высокие концентрации гумата натрия не оказывают существенного влияния на посевные качества семян и недостаточно эффективны в повышении солеустойчивости растений в период их раннего развития [6-9].

Изучение эффективности нового физиологически активного гуминового препарата, обогащенного микро-и макроэлементами и экстрактами дикорастущих растений, например полыни белой. На засоленных почвах, проводили путем постановки двух лабораторных опытов, методом биотестирования. Испытание проводили в миниклиматроне, изготовленном силами сотрудников Институт горного дела имени Д.А.Кунаева.

Миниклиматрон, в соответствии и требованиями ГОСТа (ГОСТ 10250-80 ГОСТ 12038-84) оснащен светонагревательными приборами, таймером, терморегулятором и освещением дневного света.

В первом лабораторном опыте изучали эффективность различных концентраций экспериментального препарата, на солеустойчивость обработанных семян. Обработывали семена пшеницы сорта Саратовская 29, ячменя сорта «Черниговская- 5» риса сорта «Солнечный» и сои сорта «Эврика». Предпосевную обработку семян пшеницы, ячменя и риса проводили в 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0% -ных водных растворах гумата натрия в течение 60 минут.

Семена сои замачивали в 0,001; 0,005; 0,1; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,1% -ных растворах в течение 10 минут.

По истечении времени обработки семян испытуемых культур их извлекали из рабочих растворов, экспериментального гумата натрия, подсушивали при температуре 20-40°C до кондиционной влажности и высевали в аналитические стаканы объемом 0,5 л без дренажа с лугово-сероземной орошаемой солончаковой сильнозасоленной среднесуглинистой почвой следующего химического состава, %: плотный остаток 0,647;  $\text{HCO}_3^-$  0,019;  $\text{Cl}^-$  0,031;  $\text{SO}_4^{2-}$  1,08; Ca- 0,31; Mg- 0,030; Na -0,147; pH 7,55 и подвижный бор 8,51 мг/кг почвы.

Проращивание семян проводилось в термостате в соответствии с требованиями ГОСТа (ГОСТ 10250-80, ГОСТ 12038-84). Кратность каждого опыта - 5 экспозиций. Сосуды с семенами риса поливали по массе водопроводной водой до полного насыщения субстрата. Влажность субстрата в сосудах с остальными культурами поддерживали на уровне 65-70% его полной влагоемкости. Экспозиция опыта 20 суток.

Полученные результаты показали, что предлагаемый способ предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур повышает

энергию прорастания, всхожесть семян и стимулирует раннее развитие растений на сильнозасоленной почве.

### Литература

1. Мельников Н. Н., Месяц С. П. Концепция оптимизации экологического состояния горнопромышленных регионов. «Освоение недр и экологические проблемы – взгляд в XXI век» Материалы Международной конференции. -М.: 2001. -С.197-204
2. Христова Л.А., Булгакова М.П. и др. Физиологически активные гумусовой природы как фактор адаптации сельскохозяйственных растений гербицидам/ Тр.Междун.симпоз.ІУ и ІІ комис.МТО.Минск, 1982. -С.106-110.
3. Тасекеев М. Биоремедиация токсичных промышленных отходов // Промышленность Казахстана,- 2004, -№ 10.- С.59-63.
4. Строганов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений. - М.: 1962. – 325 с.
5. Жалгасулы Н., Черний Г.М., Сарсембекова А.С. Сборник «Отходы: пути предотвращения и минимизации», - Алматы, 2004.
6. Жалгасулы Н., Черний Г.М., Исмаилова А.А. и др. Биотехническая рекультивация техногенных образований // Промышленность Казахстана, -2011,- № 4.-С.58-60.
7. A. T. Kanayev, N. Zhalgassuly, Magaoya Asjan, A.G. Mamonov: Technology of saline land reclamation by brown coal products//Известия национальной академии наук Республики Казахстан «Серия геологии технических наук».-Алматы.-С.120-128. Scopus
8. Жалгасулы Н., Когут А.В. Технология переработки некондиционного угольного сырья//Международная научно-практическая конференция «Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве», Экибастуз, 16 мая 2018 г.-С.357-363
9. T. Kanayev, N. Zhalgassuly, Magaoya Asjan, Alexander Vladimirovich Kogut. Studying the technology and methods of increasing the yield of cultivated plants on strongly saline soils//Ecology, environment and conservation vol. 24 (4) : 2018.- P. 1666-1670. Scopus

### References

1. Mel'nikov N. N., Mesyats S. P. Kontseptsiya optimizatsii ekologicheskogo sostoyaniya gornopromyshlennykh regionov. «Osvoyeniye nedr i ekologicheskiye problemy – vzglyad v KHKHĭ vek» Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii. -M.: 2001. -S.197-204
2. Khristeva L.A., Bulgakova M.P. i dr. Fiziologicheski aktivnyye gumusovoy prirody kak faktor adaptatsii sel'skokhozyaystvennykh rasteniy gerbetsidam/ Tr.Mezhdun.simpоз.ІU i ІІ komis.MTO.Minsk, 1982. -S.106-110.
3. Tasekeyev M. Bioremediatsiya toksichnykh promyshlennykh otkhodov // Promyshlennost' Kazakhstana,- 2004, -№ 10.- S.59-63.
4. Stroganov B.P. Fiziologicheskiye osnovy soleustoychivosti rasteniy. - M.: 1962. – 325 s.
5. Zhalgasuly N., Cherniy G.M., Sarsembekova A.S. Sbornik «Otkhody: puti predotvrashcheniya i minimizatsii», - Almaty, 2004.
6. Zhalgasuly N., Cherniy G.M., Ismailova A.A. i dr. Biotekhnicheskaya rekul'tivatsiya tekhnogennykh obrazovaniy // Promyshlennost' Kazakhstana, -2011,- № 4.-S.58-60.

7. A. T. Kanayev, N. Zhalgassuly, Magaoya Asjan, A.G. Mamonov. Technology of saline land reclamation by brown coal products//Izvestiya natsional'noy akademii nauk Respubliki Kazakhstan «Seriya geologii tekhnicheskikh nauk».-Almaty.-S.120-128. Scopus

8. Zhalgasuly N., Kogut A.V. Tekhnologiya pererabotki nekonditsionnogo ugol'nogo syr'ya//Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Povysheniye kachestva obrazovaniya, sovremennyye innovatsii v nauke i proizvodstve», Ekibastuz, 16 maya 2018 g.-S.357-363

9. T. Kanayev, N. Zhalgassuly, Magaoya Asjan, Alexander Vladimirovich Kogut. Studying the technology and methods of increasing the yield of cultivated plants on strongly saline soils//Ecology, environment and conservation vol. 24 (4) : 2018.- P. 1666-1670. Scopus

ӘӨЖ 622.411.522

### **Резюме**

*Жалғасұлы Н.<sup>1</sup>, Когут А.В.<sup>1</sup>, Исмаилова А.А.<sup>1</sup>, Дәрменкүлова А.Б.<sup>1</sup>, Куандыкова Э.М.<sup>2</sup>*

*(<sup>1</sup>Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен Істері институты, Алматы қаласы, <sup>2</sup>ҚазҰАУ, Алматы қаласы)*

*Қазақстанның көмір шикізатынан гуминді препараттарды өндіру*

*Мақалада қоңыр көмірден гуминдік қышқылды бөліп алу және оны тұзданған топырақтар бетінде кешенді пайдалану тиімді екендігі көрсетіледі. Мәдени өсімдіктерді өсіру кезеңінде топырақтағы микроэлементтердің шамасын реттейді. Көмірден алынған препараттарды ауылшаруашылық өнімдерін өсіруде кеңінен қолданыста болатындығы көрсетілген.*

*Түйін сөздер: қоңыр көмір, қайта өңдеу, икемді препарат, мәдени өсімдіктер, тұзданған топырақ, қайта қалпына келтіру*

UDC 622.411.522

### **Summary**

*Zhalgasuly N.<sup>1</sup>, Kogut A.V.<sup>1</sup>, Ismailova A.A.<sup>1</sup>, Darmenkulova A.B.<sup>1</sup>, Kuandikova E.M.<sup>2</sup>*  
*(<sup>1</sup>D.A. Kunaev Mining Institute, Almaty; <sup>2</sup>Kazakh National Agrarian University, Almaty)*

*Production of humic preparations from coal raw materials of kazakhstan*

*The integrated use of brown coal reserves opens up wide opportunities for meeting the needs of both the Republic and the Near abroad in highly effective micronutrient fertilizers and physiologically active preparations that increase plant productivity on solonchak soils.*

*Key words: brown coals, processing, stimulant, cultivated plants, saline soil, reclamation.*

**Жалгасулы Н.<sup>1</sup>, Естемесов З.А.<sup>2</sup>, Когут А.В.<sup>1</sup>, Тугельбаев А.Б.<sup>3</sup>,  
Галиев Ж.К.<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>ИГД им. Д. А. Кунаева, г. Алматы, <sup>2</sup>ТОО «ЦЕЛСИМ» г. Алматы,  
<sup>3</sup>АО «ССГПО» г. Рудный)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Аннотация. В статье дана характеристика золошлаковых отходов Рудненской ТЭЦ АО ССГПО. На отобранных пробах аналитическими методами исследованы физико-химические свойства золошлаков и определены возможные направления их использования для получения строительных материалов.*

*Ключевые слова: золошлаковые отходы, использование, строительные материалы.*

В настоящее время для обеспечения бесперебойной работы горнодобывающих предприятий Казахстана получение необходимой тепловой и электрической энергии довольно часто осуществляется от собственных тепловых электрических станций. Многие из них работают на твердом топливе (угле), при сжигании которого образуется большое количество золошлаковых отходов. Так, например, в АО «ССГПО» ежегодно складывается почти 800 тыс. тонн золошлаковых отходов, в результате чего открытая поверхность гидроотвала увеличивается более чем на 10 га. Хранение золошлаковых отходов приводит не только к изъятию значительных земельных площадей, но и вызывает весьма существенное загрязнение практически всех компонентов окружающей среды в зоне их расположения.

На отечественных горнодобывающих предприятиях золошлаковые отходы практически не используются. В странах ближнего зарубежья уровень использования зол и шлаков тепловых электрических станций не превышает 7 – 10 %, в то время как в развитых европейских странах он достигает 70% и более[1-3]. В тоже время объем золошлаков в отвалах ТЭЦ Казахстана растет быстрыми темпами, так по экспертным оценкам к 2020 г. объем их превысит 650 млн. т., а к 2030 году - 1 млрд. т.

На Рудненской ТЭЦ действует гидравлическая схема совместного удаления золы и шлака образующихся при сжигании Экибастузского угля. Золошлаковая смесь транспортируется смывной водой в золоотвал сформированный в первом озере Васильевского накопителя-испарителя. Старый золоотвал в настоящее время используется как резервная емкость для складирования золошлаков. Общая характеристика золоотвалов Рудненской ТЭЦ приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика золоотвалов ТЭЦ АО ССГПО

| Наименование объекта   | Площадь накопителя, га | Объем складирования, тыс. м <sup>3</sup> | Проектная мощность, тыс. м <sup>3</sup> | Год начала складирования |
|------------------------|------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| Васильевский золоотвал | 2756,4173              | 6 926,8                                  | 36 600                                  | 2004 г.                  |
| Старый золоотвал       | 45,9                   | 2873,135                                 | 4 310,0                                 | 1978 г.                  |

Всего в золоотвалах ТЭЦ за 40 лет эксплуатации накоплено более 9,8 млн. куб. м золошлаков. Ежегодное количество, образующихся золошлаковых отходов составляет в настоящее время порядка 798 тыс. тонн.

Золошлаки от сжигания на Рудненской ТЭЦ экибастузского угля представляют собой порошкообразное вещество, летучее в сухом состоянии, нетоксичное, нерастворимое в воде, пожаро-взрывобезопасное, не способное к самовоспламенению и самовозгоранию. Содержание горючих веществ в золошлаковых отходах в составляет 4,8 %. Золошлаки ТЭЦ относятся к промышленным отходам IV класса опасности.

Для изучения качественных параметров, характеризующих золошлаки, были взяты пробы с пляжной части золоотвала ТЭЦ АО ССГПО. Для отобранных проб золошлаков в сертифицированной лаборатории были проведены анализы, которые позволили определить химический состав и физико-технические характеристики золошлаковых отходов. Физико-химические анализы проводили согласно [4-6]. Химический состав золошлаков приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав золошлаковых отходов ТЭЦ АО ССГПО

| Оксиды        | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO | TiO <sub>2</sub> | CaO | MgO | SO <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | п.п. п. |
|---------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|------------------|-----|-----|-----------------|------------------|-------------------|---------|
| Содержание, % | 61,3             | 24,5                           | 3,3                            | 1,0 | 1,37             | 1,8 | 0,2 | 0,5             | 0,2              | 0,5               | 5,33    |

Из таблицы 2 видно, что золошлаковые отходы в основном состоят из кислых оксидов (SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). По химическому составу они - кислые M<sub>0</sub> < 1 (M<sub>0</sub> = CaO + MgO/SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), поэтому не обладают гидравлическими свойствами. По содержанию основных компонентов (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO и MgO) золошлаки из старого и Васильевского золоотвалов отличаются незначительно.

Физические характеристики золошлаков характеризуются следующими показателями:

- истинная плотность достигает 2,95 г/см<sup>3</sup>;
- насыпная плотность 795 кг/м<sup>3</sup>;



- остаток на сите №0045, % 20 (2 класс дисперсности);
- остаток на сите №008, % 9,2

Гранулометрический состав характеризуется следующими фракциями, %:

- более 0,25...0,30мм – 2,3
- 0,25...0,05 мм – 11,8
- 0,05...0,1 мм –55,4
- 0,1...0,005 мм – 14,8
- 0,005...0,001 мм – 12,5
- менее 0,001 мм – 3,2

Удельная поверхность золошлаков– 300 м<sup>2</sup>/кг.

Удельная эффективная активность естественных радионуклидов золошлаков составляет 58,1 Бк/кг при норме по НД до 370 Бк/кг.

Для определения физико-технических параметров (прочность при сжатии и морозостойкость) на основе золы изготовлены образцы золоблоковразмером 10 х 10 х 10 см, твердевшие в нормальных условиях в течение 28 сут.

В состав исходного обычного блока входит, кг/м<sup>3</sup>: цемента – 250; воды – 200;щебня – 1265;песка – 550. К этому составу вводили золоотходы в количестве 5, 10, 15 и 20 % от массы цемента (оставляя при этом расход цемента прежним).

Морозостойкость образцов определяли ускоренным способом согласно ГОСТ 10060-2012. Морозостойкости подвергались образцы без добавления (эталон) и образцы с 15 % золошлаков (таблица3).

Таблица 3 - Влияние содержания золошлаков на прочность и морозостойкость образцов

| Содержание, % | Прочность на сжатие, МПа | Коэффициент морозостойкости |
|---------------|--------------------------|-----------------------------|
| 0             | 17,0                     | 1,0                         |
| 5             | 18,0                     | –                           |
| 10            | 18,5                     | –                           |
| 15            | 18,3                     | 1,0                         |
| 20            | 16,8                     | –                           |

Анализ результатов испытаний образцов показал, что при содержании золошлаков до 15 % прочность образцов возрастает от 17 МПа (эталон) до 18,3 МПа. Морозостойкость образцов без и с 15 % золы идентична. Следует, также отметить, что с увеличением содержания золошлаков в составе смеси водопотребность ее возрастает.

Для определения качественного состава золошлаков ТЭЦ АО ССГПО, также были проведены рентгенофазовый и термогравиметрический анализы.

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили с использованием дифрактометра ДРОН-3М с медным антикатодом и с программным

обеспечением. Рентгенограммы получены в интервале углов 4...64 градуса. Подготовка золошлаков к анализу осуществлялась следующим образом (последовательно):

- исследуемое вещество растиралось в агатовой ступке до полного прохождения его через сито 004.

- затем порошок насыпали в плексигласовую кювету, предварительно смазанную вазелином и чуть подпрессовали.

- для устранения текстуры излишки порошка срезали лезвием.

На рисунках 1 и 2 показаны рентгенограммы первой и второй проб золошлаковых отходов ТЭЦ АО ССГПО (г. Рудный)

Анализируя данные рентгенограмм золошлаков, можно сказать, что на рентгенограммах появляются:

- линии, характерные для кварца с  $d/n$  (Å) = (3,3505 и 3,3593); (4,2705 и 4,2771); (1,8229 и 1,8223) и др.; среди них наибольшей интенсивностью обладает линия с  $d/n = 3,35...$ , являющаяся аналитической; причем она смещена в сторону больших чисел по сравнению с аналитической линией эталонного кварца ( $d/n = 3,34$  Å), что свидетельствует о присутствии в структуре кварца примесных элементов;

- линии с  $d/n = 5,40$ ; 2,69; 2,54; 2,20 Å и др. принадлежат муллиту ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ), который образовался в результате разложения каолинита ( $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) при температуре выше 900°C.

Следует отметить, что:

- стеклофаза и несгоревший углерод из-за аморфности на рентгенограммах не фиксируются;

- однако зола состоит преимущественно из стеклофазы, поскольку на рентгенограмме между областями линий с  $d/n = 5,40$  Å и  $d/n = 2,69$  Å фиксируется гало;

- обе золы идентичны, не отличаются друг от друга, поэтому в дальнейшем исследование проводили только с золошлаками первой пробы.

Дифференциальный термогравиметрический анализ выполняли с помощью дериватографа Q – 1500 D. Съёмку термограмм проводили до 1000°C со скоростью нагрева 10°C в минуту.

Подготовка золошлаков осуществлялась следующим образом:

- испытываемое вещество тщательно растирали в агатовой ступке до состояния пудры;

- навеску исследуемого вещества массой 1200 мг засыпали в тигель.

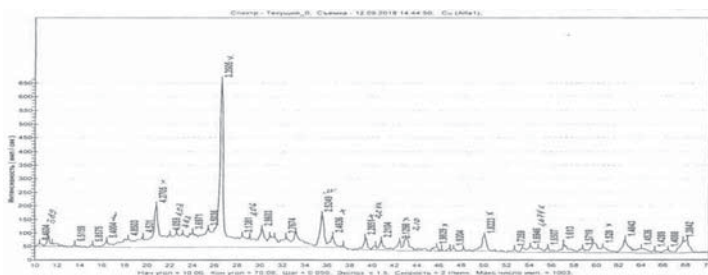


Рисунок 1 - Рентгенограмма первой пробы золошлаков

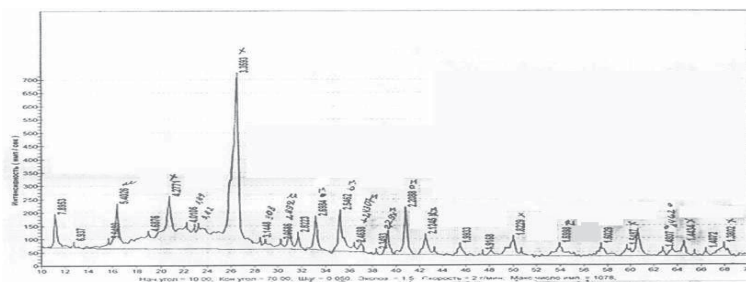


Рисунок 2 - Рентгенограмма второй пробы золошлаков

На рисунке 3 показана дериватограмма золошлаков ТЭЦ АО ССГПО, где фиксируется три вида термоэффекта:

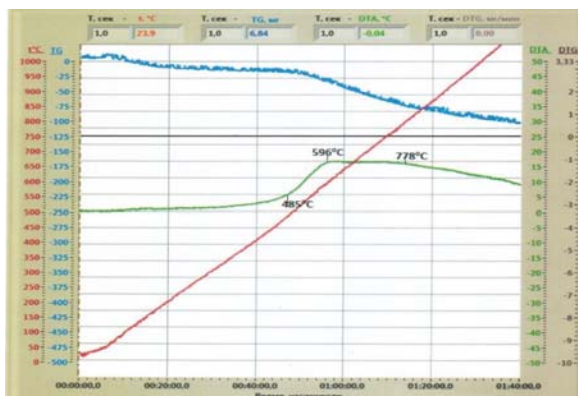


Рисунок 3 - Дериватограмма золошлаков ТЭЦ

- эндозффект при 485°С и экзозффект при 595°С показывают обратимое полиморфное превращение кварца;
- экзозффект при 778°С - раскристаллизация муллита.

Следовательно, эти эфффекты дериватограммы свидетельствуют о наличии кварца и муллита в составе золошлаков.

По динамике изменения термогравиметрической кривой можно сделать вывод о том, что потеря массы за счет несгоревшего угля достигает около 5...7 %.

Таким образом, золошлаковые отходы характеризуются следующим фазовым составом, %: кварц - 23,0, муллит – 5,0, стекло – 66,0, уголь – 6,0.

Анализ полученных результатов исследования показывает, что возможными направлениями использования золошлаков для получения строительных материалов являются:

- в качестве компонентов вяжущих для основания дорог;
- для производства обжигового кирпича;
- в виде добавки при производстве железобетонных изделий;
- в качестве гидравлической добавки для бетонных смесей;

В настоящее время ведутся работы по разработке технологии получения цементозолошлакового и битумнозолошлакового вяжущих для устройства основания автомобильных дорог

## Литература

1. Соловьев Л.П., Пронин В.А. Утилизация зольных отходов тепловых электростанций //Современные наукоемкие технологии. - 2011. - N 3. - С.40-42.
2. Парфенова Л.М., Высоцкая М.Н. Обзор зарубежных технологий утилизации золошлаковых отходов теплоэлектростанций материалов // Геодезия, картография, кадастр, гис - проблемы и перспективы развития: Материалы МНТК. – Новополюк. – 2016. – С. 138-143.
3. Целыковский Ю.К. Опыт утилизации золошлаковых отходов в европейских странах и возможность его использования в российских условиях // Энергетик. - 2006. - N 10. - С.29-33.
4. Горшков В. С., Тимашев В. В., Савельев В. Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. - Москва: Высшая школа, 1981. - 334 с.
5. Методы исследования цементного камня и бетона. Под ред. З. М. Ларионовой. - Москва: Стройиздат, 1970-159 с.
6. Курбатова И. И. Современные методы химического анализа строительных материалов. - Москва: Стройиздат, 1972-159 с.

## References

1. Solov'yev L.P., Pronin V.A. Utilizatsiya zol'nykh otkhodov teplovykh elektrostantsiy //Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii. - 2011. - N 3. - S.40-42.
2. Parfenova L.M., Vysotskaya M.N. Obzor zarubezhnykh tekhnologiy utilizatsii zoloshlakovykh otkhodov teploelectrostantsiy materialov // Geodeziya, kartografiya,

kadastr, gis - problemy i perspektivy razvitiya: Materialy MNTK. – Novopolotsk. – 2016. – S. 138-143.

3. Tselykovskiy YU.K. Opyt utilizatsii zoloshlakovykh otkhodov v yevropeyskikh stranakh i vozmozhnost' yego ispol'zovaniya v rossiyskikh usloviyakh // Energetik. - 2006. - N 10. - S.29-33.

4. Gorshkov V. S., Timashev V. V., Savel'yev V. G. Metody fiziko-khimicheskogo analiza vyazhushchikh veshchestv. – Moskva: Vysshaya shkola, 1981. – 334 s.

5. Metody issledovaniya tsementnogo kamnya i betona. Pod red. Z. M. Larionovoy. – Moskva: Stroyizdat, 1970-159 s.

6. Kurbatova I. I. Sovremennyye metody khimicheskogo analiza stroitel'nykh materialov. – Moskva: Stroyizdat, 1972-159 s.

UDC 622.2: 504.064.45

### Summary

Zhalgasuly N. <sup>1</sup>, Estemesov Z.A. <sup>2</sup>, Kogut A.V. <sup>1</sup>, Tugelbaev A.B. <sup>3</sup>, Galiev Zh., K. <sup>3</sup>  
(<sup>1</sup>D.A. Kunaev Mining Institute, Almaty., <sup>2</sup>TOO "TSELSIM", Almaty, <sup>3</sup>AO "SSGPO" Rudny city)

*Research of ash-slag waste of chpp as raw materials for producing building materials*

*The article describes the ash and slag waste of Rudnensk Heat Electric Central (HEC) joint stock companies (JSC) SSGPO. On the selected samples, the physicochemical properties of ash and slag were studied by analytical methods and the possible directions of their use for obtaining building materials were determined.*

*Keywords: ash and slag waste, use, building materials.*

ӨОЖ 622.2: 504.064.45

### Резюме

Жалғасұлы Н.<sup>1</sup>, Естемесов З.А.<sup>2</sup>, Когут А.В.<sup>1</sup>, Түгелбаев А.Б.<sup>3</sup>, Ғалиев Ж.К.<sup>3</sup>  
(<sup>1</sup> Д. А. Қонаев атындағы Кен істері институты, Алматы қ., <sup>2</sup>ТОО «ЦЕЛСИМ» Алматы қ., <sup>3</sup>АҚ (ССКӨБ) , Рудный қ.)

*ЖЭО-дағы қож қалдықтарынан құрылыс материалдарын өндіру үшін зерттеу жүргізу*

*Мақалада ССПО АҚ Рудный қаласындағы ТЭЦ-тың қож қалдығын іске асыру сөз болады. Таңдап алынған сынаманы аналитикалық әдістермен оның физикалық-химиялық қасиеттері анықталып одан құрылыс материалдарын өндіруге болатындығы көрсетілген.*

*Түйінді сөздер: қож қалдықтары, қолдану, құрылыс материалдары*

**Нурлыбаев Р.О.<sup>1</sup>, Помашев О.П.<sup>2</sup>**

*(Институт горного дела имени Д.А. Кунаева, г. Алматы)*

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ СОЛЕПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В НЕФТЕПРОВОДАХ**

*Аннотация. В статье наряду с приведенным кратким общим обзором состояния и перспективы развития нефтегазовой отрасли республики, применительно к теме исследования выделены некоторые проблемы трубопроводного транспорта. В целях комплексного решения этих проблем предлагается техническое средство для контроля и измерения параметров солепарафиновых отложений в нефтепроводах и указывается на необходимость разработки и создания специального устройства для очистки внутренней поверхности трубопроводов от этих и других отложений, засоряющих их. Практическое применение их в перспективе во многом поспособствует рациональному решению исследуемых вопросов и проблем.*

*Ключевые слова: трубопроводный транспорт, нефтегазовый сектор, нефтепровод, нефтепроводная магистраль, проблемы, внутритрубные отложения, контроль, анализ, очистка, поперечное сечение, пропускная способность, эффективность, устройства.*

Как известно в нынешней современной мировой практике одним из основных видов транспорта в силу своей мобильности, эффективности и экономичности является трубопроводный способ транспортировки, на долю которого приходится значительный объем грузопотока, особенно в нефтегазовой промышленности. В общем объеме перевезённых грузов в 2010 году доля трубопроводного транспорта составила 8 %, в грузообороте – 23 %. В объеме совокупных доходов от транспорта доля трубопроводного транспорта составляла 39,8 %. В этой связи необходимо отметить, что главной проблемой в развитии трубопроводного транспорта следует считать дальнейшее увеличение сети трубопроводов для увеличения размеров перекачки и возможности переключения грузопотоков с других видов транспорта. По некоторым данным грузонапряжённость нефтепроводов за прошлые года составляла более 7,3 млн. т-км/км (для сравнения на железной дороге – 16,0 млн. т-км/км; на речных путях – 1,8 млн. т-км/км). Поэтому развитие сети трубопроводного транспорта необходимо и для газопроводов как единственно возможного, безопасного и экономически выгодного вида транспорта газа.

Казахстан обладает огромными подтверждёнными запасами нефти и газа. Для транспортировки углеводородов в республике используется более 25,0 тыс. км магистральных трубопроводов. Для сравнения общая протяженность магистральных нефтепроводов одной из крупнейших в мире компаний, транспортирующих нефть, ОАО АК «Транснефть» составляет более 48,0 тыс. км, объекты которой расположены в 53 субъектах РФ.

Экспертами прогнозируется, что в ближайшем будущем Казахстан может войти в «десятку» ведущих нефтедобывающих стран, выйти на уровень Кувейта. Соответственно, возрастает потребность в транспортировке углеводородов на внутренний рынок республики и ожидаемое удвоение экспорта нефти в период до 2020 года. Перспективы трубопроводного транспорта в Казахстане предполагают несколько направлений развития с целью преодоления имеющихся диспропорций, повышения готовности транспортировать возросшие объёмы нефти после освоения крупнейших месторождений республики на этапе 2015-2020 годов. В этой связи, в рамках планов развития трубопроводной инфраструктуры для экспорта казахстанской нефти предстоит реализация ряда важных программ и проектов. Однако следует отметить, что среди этих проектов нет программы, направленной на разработку профилактических технических мер по комплексному обслуживанию и поддержанию системы трубопроводной транспортной магистрали, обеспечивающих бесперебойную эксплуатацию трубопроводов путём осуществления необходимого контроля в них за отложениями и тем самым сохранение их первоначальной пропускной/проезной способности за счёт необходимой своевременной и эффективной очистки от различного рода отложений, накопившихся и вновь накапливающихся со временем на внутренней поверхности трубопроводов.

Высокая значимость развития трубопроводной инфраструктуры для экономики Казахстана предъявляет особые требования к научному обеспечению её развития. Казахстан имеет научное обеспечение в сфере добычи нефти и газа, в том числе АО «Казахский институт нефти и газа» (КИНГ), Научно-исследовательский институт по разработке нефтегазовых месторождений, осуществляющие научное сопровождение производственного цикла. Учитывая стратегическое значение развития трубопроводного транспорта в Казахстане и растущие требования к безопасности его работы, необходимо усилить научное обеспечение данного сектора транспортной отрасли.

Обобщая анализ развития трубопроводной инфраструктуры в Казахстане необходимо отметить, что нефтегазовый комплекс Казахстана развивается быстрыми темпами, и на международной арене Казахстан позиционируется в качестве крупного и надёжного поставщика углеводородного сырья. Однако современный уровень развития



трубопроводной инфраструктуры в Казахстане отстаёт от потребностей нефтегазового комплекса, что влияет на экономику Казахстана в целом.

Основными сдерживающими факторами являются:

- устаревшая производственно-техническая база;
- нарастающий уровень непригодности магистральных трубопроводов, проложенных еще 20-30 лет назад;
- отсталость ремонтного оборудования и применяемых технологий;
- недостаток финансовых ресурсов для модернизации и реконструкции имеющихся систем и строительства новых магистральных трубопроводов. Часть вновь построенных экспортных магистральных трубопроводов нуждается в реконструкции для повышения пропускной способности, как и впрочем проложенных внутри республики большинства магистральных сетей трубопроводов.

Как уже выше отмечалось, главной причиной снижения пропускной способности трубопроводов при их выбранных тех или иных определённых диаметрах являются засорения труб различными отложениями, накапливающимися на их внутренней округлой гладкостенной поверхности за время эксплуатации этих трубопроводов. Это приводит к уменьшению активной площади поперечного рабочего, т.е. пропускного сечения трубы, в результате чего происходит снижение эффективности и в целом производительности трубопроводного транспорта, сопровождающееся повышением себестоимости транспортировки того или иного грузопотока с места отправки до места доставки. Правда, решение части проблем на трубопроводном транспорте позволило за последние годы снизить себестоимость перекачки нефти на 15-20 %.

В целом усугубляющим ситуацию помимо прочего является то, что в структуре экспорта нефти и нефтепродуктов из Казахстана полностью доминируют поставки сырой нефти, что сопряжено с некоторыми трудностями, прежде всего, самого процесса перекачки и транспортировки такой нефти из-за её меньшей текучести, а главное обильно собирающихся на внутренней поверхности нефтепроводов тяжёлых и устойчивых отложений из растворённых солей и парафина, существенно снижающих их пропускную способность и тем самым эффективность всей транспортной нефтепроводной магистрали в целом. Но, несмотря на это, в перспективных планах отрасли не рассматриваются хотя бы частичный переход к экспорту обработанных нефтепродуктов, что было бы эффективнее и прибыльнее, чем экспорт сырой нефти. В отрасли недостаточное внимание уделяется повышению экономической эффективности использования имеющихся мощностей, оборудования и технических сооружений магистральных трубопроводов, определению экономически оптимального и безопасного режима транспортировки энергоносителей в трубопроводах, основанных на использовании современных технологий. Результатом являются

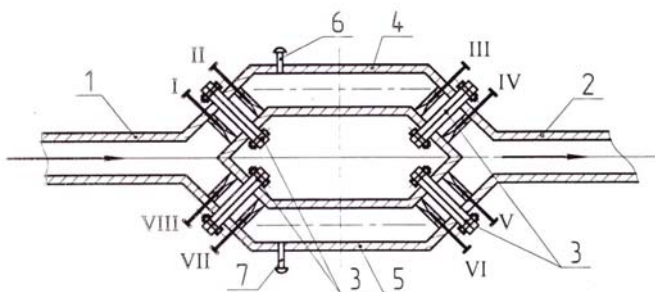
технологические сбои и аварии, высокие затраты на содержание и эксплуатацию нефтегазового комплекса.

Среди этих проблем применительно к теме исследования следует выделить техническое и эксплуатационное состояние объектов трубопроводной транспортной магистрали, т.е. нефтепроводов, которые в зависимости от структуры и вязкости нефти со временем забиваются тяжелыми устойчивыми отложениями, снижающими эффективность транспортировки нефти по трубопроводам из-за их малой производительности, вследствие снижения пропускной/провозной способности труб. Существование такой проблемы требует необходимости её решения за счёт разработки технических средств, предназначенных для обнаружения и измерения внутритрубных отложений и своевременной качественной их очистки, что является одной из актуальных задач, решение которой имеет важное научно-техническое и практическое значения в нефтегазовой и другой смежной отраслях, о чём будет изложено в этой и последующей статьях.

Исходя из изложенного и поставленной цели на основе изучения существующих технических решений в виде изобретений и патентов в рамках рассматриваемого вопроса, были выделены несколько перспективных устройств, представляющих определённый интерес к теме исследования. Однако в результате проведенного сравнительного технического анализа как преимуществ, так и недостатков выделенных устройств было установлено, что эти известные устройства в виду своих конструктивных исполнений и уровня технологичностей не достаточно совершенны и вследствие этого малоэффективны, непроизводительны. Кроме того многие из них металлоемкие и сложны в изготовлении. Поэтому стояла задача с учётом их технических достоинств и некоторых особенностей усовершенствовать эти устройства и разработать на их основе новые наиболее работоспособные и эффективные устройства, выполняющие свои функции по контрольному замеру и анализу отложений и их последующей очистке с внутренней поверхности трубопроводов/нефтепроводов.

В данной статье рассмотрим разработанное устройство для контроля за солепарафиновыми отложениями в трубах [1]. Предлагаемое техническое средство относится к контрольно-измерительным установкам, преимущественно в нефтедобывающей промышленности.

На рисунке 1 в плане горизонтальном разрезе схематически показаны все части и узлы предлагаемого устройства для контроля за солепарафиновыми отложениями в трубах, и включает оно в себя соответственно входной 1 и выходной 2 нефтепроводы, фланцевые соединения 3, разветвлённые взаиморезервные ветки 4 и 5 основного нефтепровода, краны 6 и 7 для срабатывания давления, а также группу вентилей I-VIII, установленных на резервных ветках.



1 и 2 – соответственно входной и выходной нефтепроводы; 3 – фланцевые соединения; 4 и 5 – разветвлённые взаиморезервные ветки; 6 и 7 – краны для стравливания давления; I-VIII – группа вентилей

Рисунок 1 – Устройство для контроля за солепарафиновыми отложениями в трубах:

Сущность предлагаемого устройства, как следует из рисунка, заключается в том, что контрольно-замерный участок нефтепровода изготавливается из двух взаимозаменяемых одинаковых ветвей длиной 1,5-2,0 м каждая, которые снабжаются вышеперечисленными элементами и узлами для выполнения своей функции. При этом суть самой идеи состоит в том, что, не прерывая процесс протекания (прокачки) нефти, каждую ветку устройства можно подключать к работе и отсоединять для анализа солепарафиновых оседаний внутри трубы. Для реализации этой идеи на предлагаемом участке прокладываемого нефтепровода до его эксплуатации в него одним из приемлемых способов (например, при помощи сварки или иного механического соединения концов труб) монтируется заранее изготовленное и собранное из указанных частей и узлов устройство. При этом для обеспечения одинаковых условий работы разветвлённых ветвей их располагают по обе стороны магистрального нефтепровода, что видно из рисунка в горизонтальном разрезе (в плане). Трубопровод на этом участке, как было указано выше, состоит из двух одинаковых взаимозаменяемых веток с поперечными сечениями, равными поперечному сечению общего (основного) магистрального нефтепровода у входа 1 и выхода 2. Каждая ветка устройства соединяется с основным нефтепроводом у его входа и выхода с помощью фланцев и болтов, как это показано на рис. 1. При этом по обе стороны от каждого фланцевого соединения установлены по одному вентилю, которые предназначены в одном случае для подключения, а в другом – для отключения взаимных веток, причём для стравливания давления в последнем случае, ветки снабжаются специальными кранами 6 и 7.

Устройство работает и используется следующим образом перед тем, как задействует магистральный нефтепровод, в работу подключается только одна из двух ветвей, при этом вторая ветка, например, 4 или 5 остается резервной до отсоединения подключенной ветки для контроля за солепарафиновыми отложениями на внутренней поверхности разветвленного нефтепровода. После этого в работу запускается магистральный нефтепровод и по истечении определенного периода времени, за который могут отложиться солепарафинистые вещества на стенках трубы и осуществления указанного контроля, отсоединяется ранее подключенная ветка, например, ветка 4. Для этого еще при работающей ветке 4 подключается в работу ветка 5. Это осуществляется тем, что открываются вентили V, VI, VII, VIII при закрытом кране 7. После такого задействования в работу ветки 5, отсоединяется ветка 4 с помощью освобождения фланцевых соединений 3. Перед этим в начале наглухо закрываются вентили I, II, III, IV, и тем самым происходит отсоединение ветки 4, после чего давление в ней стравливается краном 6. Затем эта ветка отправляется в специальную лабораторию для контроля и анализа содержания и структурного состава отложений во внутренности трубы.

Далее на место ветки 4 с помощью соединительных фланцев устанавливается резервная, т.е. новая ветка и через определенное время аналогично вышеописанным действиям по отсоединению ветки 4, снимают ветку 5 для осуществления последующего контрольного анализа солепарафиновых и других возможных отложений в ней.

Таким образом, с помощью предлагаемого устройства можно прогнозировать и оценить параметры и состояние отложений в магистральных нефтепроводах, что в целом позволит предпринять своевременные инженерные и технические меры по очистке различного рода отложений и засорений в целях обеспечения первоначальной пропускной способности нефтепроводов и тем самым повышения их эксплуатационной надежности и эффективности.

Для достижения этой цели на основе сравнительного анализа существующих устройств с учетом их преимуществ и недостатков будут рассмотрены возможности разработки усовершенствованного, специального устройства по очистке внутренней поверхности гладкостенных трубопроводов от отложений и засорений, к чему будет посвящена следующая статья.

## Литература

1 Инновационный патент РК № 26771, B08B 9/02, 9/027. Заявка № 2012/0710.1 от 15.06.2012 / Устройство для контроля за солепарафиновыми отложениями в трубах // Помашев О.П., Нурлыбаев Р.О. – Оpubл. 15.04.2013. – Бюл. № 4.

## References

1 Innovatsionniy patent RK № 26771, B08B 9/02, 9/027. Zayavka № 2012/0710.1 ot 15.06.2012 / Ustroistvo dlya kontrolya za soleparafinovymi otlozheniyami v trubakh (Innovation Patent of the Republic of Kazakhstan No. 26771, B08B 9/02, 9/027. Application No. 2012/0710.1 dated 15.06.2012 / Device for control of salt-paraffin deposits in pipes) // Pomashev O.P., Nurlybayev R.O. – Opubl. 15.04.2013. – Byul. № 4.

ӨОЖ 621.643:622.648

## Резюме

Нурлыбаев Р.О.<sup>1</sup>, Помашев О.П.<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты, <sup>2</sup>К.И. атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ.)

*Мұнай тасымалдайтын құбырғыларындағы тұздыпарафинды жатықжиналмаларын бақылайтын және өлшейтін құрылғы*

Мақалада еліміздің мұнайгаз өндірісінің қысқаша жалпы жағдайымен және болашақ дамуымен қатар, зерттеу тақырыбына қарай құбырғыламалы тасымалдың кейбір мәселелері бөлініп көрсетілген. Бұл мәселелерді кешенді шешу мақсатта мұнай құбырғыларының ішіндегі тұздыпарафиндық жатықтарын бақылау және олардың параметрлерін өлшеу үшін техникалық құрылғы ұсынылған, сонымен қатар мұнай тасымалдайтын құбырғыларының ішкі бетін осы және басқадай жатықтармен бітелуінен әдейі тазартуға арналған құрылғысының жасалу қажеттігі көрсетілген. Оларды іс жүзінде қолдану болашақта, зерттейтін мәселелердің оңды шешілуіне өзінің едәуір септігін тигізеді.

Түйінді сөздер: құбырғыламалы тасымал, мұнайгазды сектор, мұнайқұбыр, мұнайқұбырлық магистраль, мәселелер, құбырышті жаттықтар, бақылау, талдау, тазалау, көлденең қима, өткізгіштік қабілет, әсерлілік, құрылғылар.

UDC 621.643:622.648

## Summary

Nurlybayev R.O.<sup>1</sup>, Pomashev O.P.<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Mining Institute D.A. Kunaev, <sup>2</sup>Kazakh National Technical the Research University them K.I. Satpayev, Almaty city)

*Device for control and measurement of salt-paraffin deposits in oil pipelines*

The article identifies some problems of the pipeline transport together with a brief general overview of the conditions and prospects of development of Kazakhstan oil and gas sector applying to the research topic. The technical device for control and measurement of salt-paraffine depoists parameters in oil pipes is proposed for comprehensive solution of these problems and for producing the device for removal of these and other deposits that clog pipes from internal surfaces of pipes. In the future their practical use will greatly help to solve the studied issues and problems effectively.

Key words: pipeline transport, oil and has sector, oil pipeline, oil pipeline main, problems, pipeline scales, control, analysis, removal, cross section, flow rate, effectiveness, devices.

**Нурлыбаев Р.О.**

*(Институт горного дела имени Д.А. Кунаева, г. Алматы)*

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ РАЗЛИЧНОГО РОДА ОТЛОЖЕНИЙ И ЗАСОРЕНИЙ**

*Аннотация. В статье затрагиваются некоторые существующие к настоящему времени проблемы трубопроводного вида транспорта, широко распространённого на практике в различных отраслях, особенно масштабно в нефтегазовой промышленности. Из всех проблем применительно к теме исследования отдельно выделены причины снижения пропускной способности транспортных трубопроводов и эффективности их эксплуатации из-за накапливающихся со временем на внутренней поверхности трубопроводов различного рода отложений, засоряющих и уменьшающих площади их поперечного рабочего сечения. Для решения этой технической задачи разработано специальное устройство, которое благодаря своему конструктивному исполнению в отличие от известных технических средств, наиболее эффективно и качественно очищает внутренности трубопроводов от различных отложений и засорений.*

*Ключевые слова: трубопроводный транспорт, нефтепроводные трубы, проблемы, внутреннетрубные отложения и засорения, уменьшение площади поперечного сечения, снижение пропускной способности и эффективности трубопроводного транспорта, разработка устройства для очистки трубы от отложений.*

В нынешней современной мировой практике для доставки того или иного грузопотока от места производства к месту потребления существуют различные способы и виды транспорта, в том числе трубопроводный. Среди множества известных способов транспортировки в зависимости от вида и специфичности груза наиболее экономически выгодным и распространённым видом является трубопроводный транспорт. В сравнении с другими этот вид транспорта считается более мобильным, безопасным и эффективным, и его основная область и объёмы применения помимо прочего приходятся на нефтегазовую промышленность, где протяжённость трубопроводной магистрали составляет до несколько десятков тысяч километров. Столь масштабное использование современного трубопроводного вида транспорта, прежде всего, связано с невероятно значительными объёмами добычи нефти и газа, следовательно поставкой их странами-экспортёрами в другие различные страны, нуждающиеся в этих стратегических природных сырьевых ресурсах.

Кроме доминирующей нефтегазовой промышленности трубопроводный транспорт применяется и во многих других отраслях

народного хозяйства, в том числе для обеспечения коммунальных услуг населению и т.д. и т.п.

Опыт применения трубопроводной транспортной магистрали и практика её эксплуатации показывает, что техническое состояние такой системы зависит от ряда факторов, а именно от вида, специфичности и химического состава, абразивности и других характеристик транспортируемого грузопотока, срока эксплуатации и качества изготовления самого трубопровода и конечно же от природно-географических, климатическо-температурных условий и характеристик мест прокладки трубопроводной магистрали на данном конкретном участке. Следовательно, на уровень технического состояния, эксплуатационную надёжность и срок службы трубопроводных веток (системы) перечисленные факторы влияют различным образом, оказывая то или иное отрицательное воздействие. В результате такого их негативного воздействия происходит преждевременный выход трубопроводной системы из рабочего состояния и режима. При этом основными проблемами, угрожающими магистральным трубопроводам являются: интенсивное развитие коррозионных процессов как снутри, так и снаружи трубопроводов; изнашивание их внутренней поверхности; засорение трубопроводов различными отложениями, уменьшающими их поперечное сечение и как следствие снижение пропускной (грузопровозной) способности трубопроводной транспортной системы.

Для устранения всего этого если своевременно не принять соответствующие технические меры, то в последующем вероятность аварийной ситуации неизбежна, как это не редко бывает. Если во время не заняться профилактическими и ремонтно-восстановительными работами или обновлением отдельных уязвимых участков транспортной трубопроводной магистрали, есть огромная вероятность остановки многих объектов трубопроводного транспорта и возникновения экологических катастроф.

В нынешних складывающихся сложных рыночно-конкурирующих условиях проблемы эксплуатационной надёжности и безопасности трубопроводной транспортной магистральной системы в различных отраслях народного хозяйства становятся ещё более актуальными из-за значительной протяжённости и значимости этих объектов, сложности их конструкции и т.д.

В зависимости от характера и степени сложности решаемых проблем и их важности с экономической и технической точек зрения, а также поставленных цели и задач по устранению недостатков в трубопроводной транспортной системе, могут быть предложены и приняты к осуществлению различного рода научно-технические меры, обеспечивающие бесперебойную работу и эксплуатацию трубопроводной системы в целом. В этой связи одной из таких разработанных технических мер (решений) является устройство для



очистки внутренней поверхности трубопроводов от засорений из различного рода отложений [1]. Предлагаемое устройство по своему назначению относится к области обслуживания и эксплуатации транспортных магистральных трубопроводов с целью очистки их внутренней поверхности от различного рода отложений и засорений, уменьшающих площадь поперечного рабочего сечения и тем самым снижающих пропускную (грузопровозную) способность этих трубопроводов в единицу времени, что в итоге приводит к снижению эффективности использования трубопроводной транспортной системы в целом. Решение указанной актуальной проблемы с помощью данного устройства, на наш взгляд, вполне осуществимо, для чего произведём некоторый сравнительный технический анализ наиболее приемлемых для этой цели существующих технических средств/устройств.

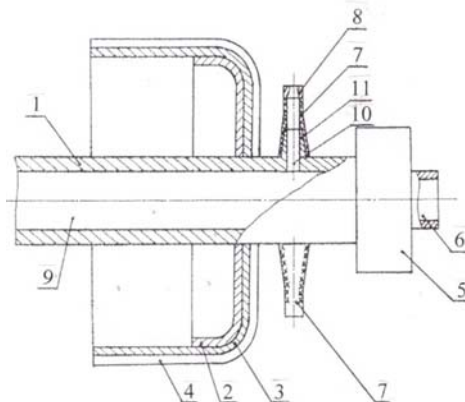
Проведённый патентно-информационный поиск и обзор научно-технической литературы по данной проблеме позволили выявить ряд технических решений и разработок на уровне изобретений и патентов различных развитых стран. Однако эти технические предложения и разработки по своим конструктивным исполнениям сложны и не достаточно совершенны, следовательно по уровню технологичности и работоспособности они малоэффективны и не производительны.

Из обзора литературных источников и изученных описаний изобретений и патентов следует, что наиболее близким по технической сущности к предлагаемому нами техническому средству является устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов от отложений [2], которое было взято за основу для совершенствования данного и разработки нового устройства.

Это известное устройство (рисунок 1), прежде всего, содержит корпус 1, на котором закреплена манжета 2. На ней установлен полусферический оголовок 3 с прорезями, разделяющими его на сектора, на каждом из которых установлено продольное ребро 4 из износостойкого материала. Лобовая часть корпуса 1 снабжена гидроакустическим излучателем 5 с выходным каналом 6 для выхода рабочей жидкости из излучателя 5 и генерированного в нём гидроакустического излучения. На боковой поверхности корпуса 1 между излучателем 5 и манжетой 2 установлены упруго-гибкие радиальные трубки 7 с соплами 8 на их концах. В корпусе 1 имеется канал 9, гидравлически соединённый с излучателем 5 и радиальными трубками 7. При этом излучатель 5 соединён с каналом 9 непосредственно, а радиальные трубки 7 – посредством радиальных отверстий 10, просверленных в корпусе 1, в его боковых стенках, и ниппелей 11.

Но несмотря на такую устроенность и технологичность, а также на описанную в работе [2] работоспособность и эффективность устройства, оно недостаточно качественно и не в полной мере очищает внутренние поверхности стенки трубопроводов от отложений и засорений,

вследствие своего несовершенства в конструктивном исполнении для указанной эффективной очистки и эксплуатации трубопроводов.



1 – корпус; 2 – манжета; 3 – полусферический оголовок; 4 – продольное ребро; 5 – гидроакустический излучатель; 6 – канал для выхода рабочей жидкости; 7 – упруго-гибкие радиальные трубки; 8 – сопло; 9 – канал, гидравлически соединённый с излучателем и радиальными трубками; 10 – радиальные отверстия; 11 – ниппель.

Рисунок 1 – Совершенствуемое устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов от отложений

Основной недостаток устройства заключается в том, что оно не успевая полностью очистить участок трубопровода, довольно быстро передвигается под давлением жидкости на внутренние поверхности полусферического оголовка. Наружные же продольные рёбра оголовка при перемещении устройства внутри трубопровода просто будут играть роль салазки и свободно будут скользить по поверхности оставшихся частиц всевозможных отложений на стенках, то есть рассматриваемое устройство не в состоянии в должной мере очистить внутренности трубопроводов при значительных проталкивающих его силах, действующих на устройство со стороны движущейся жидкости внутри трубы. Всё это свидетельствует о том, что устройство слабо выполняет свои очистительные функции.

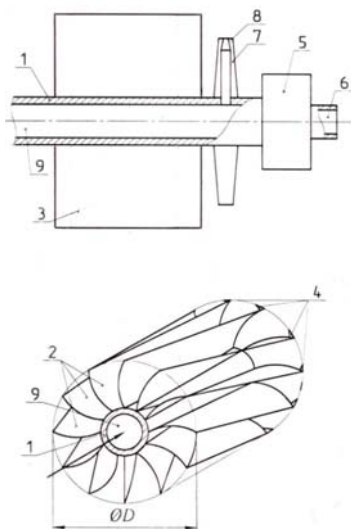
Из изложенного следует, что практическое применение известного устройства технически не целесообразно и не эффективно. Поэтому стояла задача с учётом его некоторых достоинств усовершенствовать данное устройство, которое могло бы качественно и эффективно очищать внутренности трубопроводов от различного рода отложений и засорений, особенно нефтепроводов, проводящих нефть с содержанием растворённых солей и парафина. Для этого вместо манжеты 2, полусферического оголовка 3 и продольных рёбер 4, установленных на

корпусе 1 известного устройства (рисунок 1), к корпусу (на месте, схематически отмеченной 3, рисунок 2) привариваются металлические турбинные лопасти 2, концы которых по всей длине снабжаются острыми скребками 4, практически соприкасающимися своими внешними поверхностями об внутреннюю окружность стенки трубопровода. То есть внешние диаметры участка приваривания лопастей к корпусу выполнены практически равными внутреннему диаметру трубопровода с тем, чтобы скребки могли как можно максимально, т.е. до самой внутренней поверхности без остатка срезать и удалять отложения. Общая длина устройства должна составлять в пределах 0,5-1,0 м для его беспрепятственного прохождения через участки трубопровода с малыми искривлениями в местах изменения направления трубопровода, вызванного выбранным маршрутом прокладки трубопроводной транспортной линии (магистрала).

Очистку внутренности трубопровода от отложений предлагаемым устройством осуществляют следующим образом. Учитывая, что скребки устройства своими острыми лезвиями едва ли не касаются внутренней округлой поверхности трубопровода, то его целесообразно помещать внутрь трубопровода там, где наименьший слой отложений, и создают в нём напор рабочей жидкости, например, воды или же уже самой нефти при таковой возможности и необходимости. И тогда жидкость под давлением, перемещая устройство вдоль очищаемой трубы, заставляет его непрерывно вращаться вокруг общей продольной оси устройства и трубопровода. Это происходит за счёт наличия турбинных лопастей, воспринимающих давление со стороны текущей жидкости внутри трубопровода. Течение же жидкости обуславливается своим давлением на вогнутые стенки лопастей, что заставляет вращаться их против часовой стрелки. Вращение устройства будет зависеть от скорости течения жидкости и от сил взаимодействия опор лезвий скребков об отложения на стенках трубопровода. Его вращение также зависит и от числа лопастей, оптимальное количество которых должно определяться на основе закономерностей режимов течения жидкости в различных условиях в зависимости от соответствующих факторов, что требует дальнейшего отдельного исследования.

Вместе с тем следует отметить, что чем сильнее будут опираться турбинные лопасти на отложения со своими скребками, внешние поверхности которых строго повторяют кривизну внутренней окружности трубопровода, тем сильнее и под большим вращательным моментам будет вращаться устройство, что в конечном счёте приведёт к эффективной и качественной очистке трубопровода от отложений. Получаемый положительный эффект очистки от вращения устройства, являясь основным результатом качественной очистки, обеспечивается и тем, что одновременно задействуется совместно с вращением устройства и гидроакустический излучатель, упруго-гибкие радиальные

трубы с соплами, заимствованные из известного устройства-прототипа. При этом последние своими предварительными воздействиями на отложения облегчают работу турбинных лопастей по их срезанию и удалению слоёв отложений со стенок трубопроводов.



1 – корпус; 2 – турбинные лопасти; 3 – схематическое обозначение места на корпусе, куда привариваются лопасти; 4 – скребки; 5 – гидроакустический излучатель; 6 – канал для выхода рабочей жидкости; 7 – упруго-гибкие радиальные трубки; 8 – сопло; 9 – канал, гидравлически соединённый с излучателем и радиальными трубками.

Рисунок 2 – Усовершенствованное устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов от засорений из различных накопившихся отложений

То есть все эти конструктивные элементы и узлы, в совокупности дополняя и усиливая друг друга, воздействуют на отложения как можно максимально разрушительно для их очистки. Это достигается именно тем, что при вращении устройства остатки отложений (имеется в виду по толщине слоёв) после действия использованных в прототипе узлов, то есть гидроакустического излучателя, упруго-гибких радиальных труб с соплами, срезаются практически без остатка скребками, прикрепленными на всех концах турбинных лопастей по всей их длине и попадают в среду текущей жидкости (воды), и трубопровод эффективно очищается от различного рода отложений и засорений, в том числе и от имеющих место коррозионных слоёв на стенках металлических труб.

Таким образом, промышленное практическое использование предлагаемого устройства по очистке внутренности различного рода трубопроводов во многом способствует повышению эксплуатационной надёжности, срока службы и безусловно эффективной работы трубопроводной транспортной магистрали, особенно нефтепроводной транспортной системы, где на внутренних стенках трубы со временем откладываясь, образуются нефтяные отложения из растворённых солей и парафина, которые, из года в год нарастая, как отмечалось выше, приводят к уменьшению площади рабочего поперечного сечения нефтепроводов, что в итоге, снижая их пропускную способность, негативно влияет на общую производительность и эффективность транспортировки нефти и в целом всей магистральной системы. Комплексное решение указанных проблем в настоящее время, когда из стран производителей в страны потребителей транспортируются колоссальные объёмы нефти и нефтепродуктов, имеет весьма важное значение и является одним из актуальных вопросов, требующих своего изучения и развития. В этой связи одним из альтернативных вариантов решения проблем является изготовление экспериментальных образцов разработанных технических средств (устройств) и их опытно-промышленные испытания с целью корректировки и оптимизации конструктивно-технологических параметров для практического применения и последующего масштабного внедрения разработанных мер и устройств в нужных отраслях промышленности.

### **Литература**

1 Инновационный патент РК № 26770, B08B 9/02, 9/027. Заявка № 2012/0707.1 от 15.06.2012 / Устройство для очистки внутренней поверхности гладкостенных трубопроводов от отложений // Нурлыбаев Р.О., Помашев О.П. – Оpubл. 15.04.2013. – Бюл. № 4.

2 Предварительный патент РК № 2621, B08B 9/02. Заявка № 931978.1 от 24.08.1993 / Устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов от отложений // Медведев М.Ф. – Оpubл. 15.12.1995. – Бюл. № 4.

### **References**

1 Innovatsionniy patent RK PK № 26770, B08B 9/02, 9/027. Zayavka № 2012/0707.1 ot 15.06.2012 / Ustroistvo dlya ochistki vnutrennei poverkhnosti gladkostennykh truboprovodov ot otlozheniy (Innovation Patent of the Republic of Kazakhstan No. 26770, B08B 9/02, 9/027. Application No. 2012/0707.1 dated 15.06.2012 / Device for removal of deposits from internal surfaces of smooth-wall pipes) // Nurlybayev R.O., Pomashev O.P. – Opubl. 15.04.2013. – Byul. № 4.

2 Predvaritelniy patent RK № 2621, B08B 9/02. Zayavka № 931978.1 ot 24.08.1993 / Ustroistvo dlya ochistki vnutrennei poverkhnosti truboprovodov ot otlozheniy (Provisional patent No. 2621, B08B 9/02. Application No. 931978.1 dated 24.08.1993 / Device for removal of deposits from internal surfaces of pipes) // Medvedev M.F. – Opubl. 15.12.1995. – Byul. № 4.

## **Резюме**

Нурлыбаев Р.О.

(Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты, Алматы қ)

*Құбырғылардың ішкі бетін әртүрлі жатықжиналмаларымен бітелуінен тазартуға жасалған құрылғы*

Мақалада қазыргы уақытта әрбір салалар тәжірибесінде кең таралған, әсіресе мұнай-газ өндірісінде масштабты түрде қолданылатын көлік құбырғыларының әртүрлі мәселелері туралы қозғалған. Зерттеу тақырыбына байланысты көлік құбырғыларының тасымалдау қабілетінің және олардың эксплуатациялық тиімділігінің, құбырғылардың ішкі бетіне уақыт бара пайда болып бітетін әртүрлі жатықжиналмаларының салдарынан төмендеу себептері құбырғылардың жұмыс атқару аудандарының көлденең қимасының мөлшерлерінің кішірейу мәселелері жеке бөлініп қарастырылған. Бұл техникалық мәселені шешу үшін арнайы құрылғы жасалған, ол басқа құрылғыларға қарағанда өзінің конструкциялық орындалуының арқасында құбырғылардың ішкі қабырғаларына жабысып жиналған әртүрлі қыртыстар қалдықтарын бірталай тиімдіде және сапалы түрде тазалайды.

Түйінді сөздер: көлік құбырғылары, мұнай айдайтын құбырғылар, мәселелер, құбырғы ішіне жиналмалы қыртыстар қалдықтары, құбырғының көлденең қимасының ауданының кішірейу, көлік құбырғысының тасымалдау қабілетімен тиімділігінің төмендеуі, жиналмалы қыртыс қалдықтарын тазалау үшін жасалған құрылғысы.

UDC 621.643:622.648

## **Summary**

Nurlybayev R.O.

(Mining Institute them D.A. Kunaev, Almaty city)

*Development of the device for removal of various deposits and scales from internal surface of pipelines*

The article identifies some current problems of the pipeline transport which is widespread in practice in various sectors, especially largely in the oil and gas sector. Reasons for the decline in transport pipeline capacity and efficiency of their operation due to various accumulated scales that clog and decrease areas of their working cross sections have been separately identified among all problems concerning the research theme. The special device, which thanks to its design, as compared to other known technical devices, most efficiently and qualitatively removes various scales and deposits from internals of pipes, has been developed to solve this technical problem .

Key words: pipeline transport, oil pipelines, problems, scales and deposits inside pipes, decrease in areas of cross section, decline in capacity and efficiency of pipeline transport, development of the device for removal of scales from pipes.

**Махонин В. Е., Чулков Д. О., Шабельников Е. А.**  
(Институт горного дела им. Д. А. Кунаева, г. Алматы)

## **ПРОТОТИП СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ ПОД ЗАВАЛАМИ**

*Аннотация. Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы предписывают использование технических средств для обнаружения человека и определения его местоположения под завалом через слой горной массы с погрешностью не более 2 метров в течение 2 суток при проведении спасательных работ. В Институте горного дела ведётся разработка системы поиска людей под завалами*

*Ключевые слова. Поиск под завалами, радиопередача, электромагнитная волна, передающее устройство, приёмное устройство*

Любое горнорудное предприятие является опасным производственным объектом, на котором возможны аварии в том числе связанные с обрушением горных пород за которыми могут оставаться люди. Скорейшее обнаружение людей за завалами важнейшая задача при ведении горноспасательных работ. В «Правилах обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы» в пункте 54 сказано - «Опасные производственные объекты, ведущие подземные горные работы, оборудуются системами наблюдения, оповещения об авариях, позиционирования и поиска персонала...» и подпункте 3) уточняется - «обнаружение человека и определение его местоположения под завалом через слой горной массы с погрешностью не более 2 метров в течение 2 суток при проведении спасательных работ...». Это положение правил обязывает каждое горнорудное предприятие иметь системы обнаружения людей сквозь толщу горной породы. К тому же время не стоит на месте и к этим системам будут предъявляться все более жесткие требования как по точности определения, так и дальности.

Из вышесказанного видно, что необходимость разработки систем поиска людей под завалами диктуется современными высокими требованиями в области обеспечения безопасности ведения работ, а также необходимостью быстрой адаптации системы при изменении законов, инструкций и правил в области применения систем данного типа.

В институте горного дела им. Д. А. Кунаева поставлена цель изготовить прототип системы поиска под завалами, с использованием последних достижений в области электроники, отвечающего всем требованиям правил обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов и местным условиям.



Для достижения поставленной цели необходимо провести ряд исследований, позволяющих оценить прохождения различных сигналов сквозь горную породу и на основании этих данных разработать прототип оборудования для осуществления поисковых работ за или под завалами.

В настоящее время можно выделить пять основных физических принципов построения систем поиска людей: акустический, ультразвуковой, тензометрический, тепловой, радиолокационный.

Технические средства систем на акустическом принципе представляют собой усилители звуковых колебаний с выходом на динамики, с набором датчиков, чувствительных к вибрациям в твердых материалах или в виде микрофонов на специальных щупах и зондах. Эффект действия датчика основан на детектировании слабых звуковых колебаниях (криков, стонов и постукиваний заваленных людей).

Ультразвуковой принцип основан на регистрации изменений частоты ультразвуковых колебаний при движении человека в обследуемом замкнутом пространстве.

Тензометрический принцип основан на регистрации слабых колебаний механических напряжений конструкции, содержащей объект.

Тепловой принцип основан на улавливании слабых аномалий электромагнитного излучения вследствие образования объектом в зоне поиска температурных контрастов.

Радиолокационный принцип основан на анализе сигналов электромагнитных волн СВЧ диапазона, отраженных от объекта при его облучении.

Кроме вышесказанных принципов систем поиска пострадавших в завалах, существует еще несколько направлений:

- сейсмические системы поиска, предполагающие определенную физическую активность пострадавшего и воспринимающие различные шумы и колебания, формируемые в окружающем пространстве пострадавшим;

- химические системы поиска, основанные на химическом анализе продуктов жизнедеятельности человека;

- тепловизионные приборы (приборы ночного видения);

- радиолокационные системы, основанные на выделении определенных спектральных характеристик, присущих только живому человеку; радиолокационные системы визуализации структуры завала, позволяющие определить наличие пустот в завале, где могут находиться пострадавшие;

- телевизионные или оптические системы поиска, обеспечивающие визуальный осмотр наиболее труднодоступных мест в завале;

- магнитометрические системы, основанные на определенных изменениях магнитного поля Земли в месте нахождения человека;

- электрографические системы, улавливающие слабые

электромагнитные поля, формируемые в окружающем пространстве человеком;

- индукционные системы, основанные на определенных электрофизических изменениях среды в месте нахождения пострадавшего;

- маркерные системы, предполагаемые передачу определенного вида информации от объекта поиска (звуковые сигналы, видеосигналы, радиосигналы и т. д.).

Системы, построенные на одном из перечисленных физических принципов, имеют свои достоинства и недостатки. Но учитывая, что обязательным условием нахождения человека в руднике является наличие специальной экипировки, то в состав обязательного комплекта экипировки можно включить специальный радиомаркер. Преимущества маркерных систем очевидны. К ним относится простое и точное детектирование сигнала от маркера, при этом устройство маркера и детектора достаточно простые, что повышает надёжность работы системы. Таким образом для условий шахт и рудников данные системы являются наиболее перспективными.

Как известно, горные породы обладают проводимостью и сильно поглощают радиоволны. Для горных пород  $\sigma \approx 10^{-3} - 10^{-2} \text{ ом}^{-1}$ . В этих средах волна практически затухает на расстоянии  $\leq \lambda$ . Кроме того, для сред с большой  $\sigma$  коэффициент поглощения увеличивается с ростом частоты. Поэтому для передачи информации сквозь толщу горных пород используются в основном длинные и сверхдлинные волны. Также известно, что сквозь толщу породы возможно прохождение электромагнитного излучения на сверхнизких частотах, причем на достаточную глубину проникает только магнитная составляющая, а электрическая в породе затухает практически сразу. *Потери магнитного поля зависят от ряда факторов и в первую очередь от состава горной породы. В случае если в состав породы входят магнитотвердые ферромагнетики, затухание происходит сильнее.*

Из общей теории распространения радиоволн известно, что прохождение сквозь толщу породы возможно только на СНЧ и ОНЧ в диапазоне от единиц Герц до сотен кило Герц. В то же время эффективность антенны снижается с уменьшением частоты и на низких частотах становятся крайне мала.

Разрабатываемая система поиска людей под завалами будет интегрирована с системой позиционирования персонала так же разрабатываемая в ИГД им. Д. А. Кунаева, поэтому заранее известно в каком месте находится человек до, вовремя и после аварии. Сеть системы позиционирования устроена таким образом, что в случае отсутствия радиоканала между базовыми станциями система автоматически ищет альтернативные каналы передачи данных и только в том случае если все каналы радиосвязи изолированы передача данных

не возможна. В этом случае известна точная локализация людей в момент аварии. Если не удастся восстановить работу системы позиционирования, то придется использовать альтернативную систему поиска под завалами.

Система поиска людей под завалами состоит из двух основных блоков – это приёмопередающая радиометка (РМ) (рисунок 1) смонтированная в аккумуляторном отсеке индивидуального светильника и поискового вызывного устройства с радиопеленгатором (ВРП) (рисунок 2).

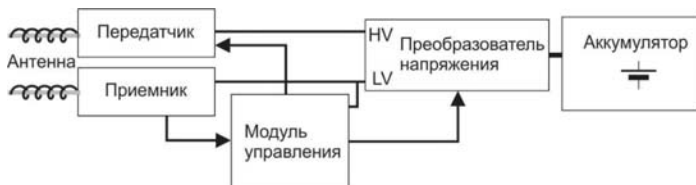


Рисунок 1 – Блок схема приёмопередающей радиометки

В обычном состоянии РМ находится в состоянии дежурного приема при минимальном потреблении энергии. При поступлении кодированного сигнала с ВРП модуль управления идентифицирует этот сигнал и в случае совпадения общего или индивидуального вызова активирует преобразователь напряжения на повышенную мощность и запускает передатчик для передачи кодированного сигнала с кодом идентификации метки либо импульс радиоизлучения максимальной мощности.

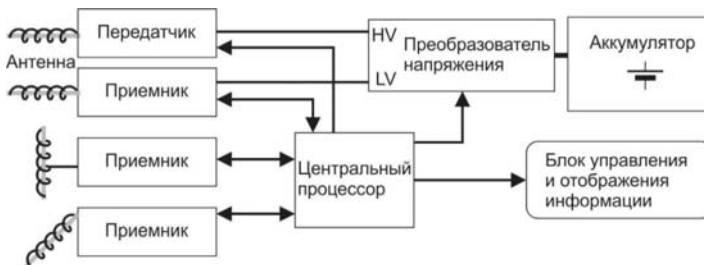


Рисунок 2 – Блок схема прибора вызова и радиопеленга радиометки

При вызове конкретной РМ с помощью блока управления выбирается индивидуальный код РМ или инициируется код вызвать всех. Центральный процессор (ЦП) активирует преобразователь напряжения на повышенную мощность и запускает передатчик для передачи кодированного сигнала с кодом идентификации. Антенны приемников, ориентированные по трем координатам, принимают сигнал. В приемниках происходит усиление и преобразование в цифровой код, который поступает

на измерительную часть ЦП. ЦП по относительной разности уровней определяет азимут, а по суммарной амплитуде сигнала дальность до РМ.

В процессе исследования разработаны принципиальные электрические схемы прототипов передающего и приёмного устройств. Работой передающего устройства управляет микроконтроллер, который поочерёдно включает оконечные передающие каскады, настроенные на разные частоты, а именно 3, 6 и 10 кГц. Наличие трёх разных частот позволяет повысить вероятность детектирования сигнала на приёмном устройстве, так как в различных горных породах эти частоты имеют разную проникающую способность, что отмечалось выше. Алгоритм включения оконечных передающих каскадов строго фиксирован во времени, что также увеличивает надёжность детектирования сигнала на приёмной стороне.

Антенна приёмного устройства настроена на приём сигнала более широком диапазоне частот по сравнению с передающими антеннами. Принятый сигнал поступает на фильтры, настроенные на разные диапазоны частот, а после фильтрации сигнал усиливается и передаётся в устройство отображения.

В качестве устройства отображения для прототипа системы используется портативный персональный компьютер.

По разработанным электрическим схемам изготовлен прототип системы поиска людей под завалами. Изготовленные прототипы прошли тестирование в лабораторных условиях. Для тестирования передающее устройство помещалось в подвале-бомбоубежище, а приёмное устройство располагалось на поверхности земли на расстоянии примерно 10 м от передатчика. Полученные сигналы отображались на экране портативного персонального компьютера. Спектр получаемого сигнала представлен на рисунке 3

Проведённые исследования и эксперименты с прототипом системы поиска под завалами подтверждают правильность выбранного технического решения. Для дальнейшего развития данной системы необходимо провести эскизное и техническое проектирование, что позволит изготовить экспериментальный образец и в дальнейшем наладить серийное производство данной системы.

Данная работа выполнена в рамках ПЦФ BR05236712 «Технологическая модернизация горных производств на основе перехода к цифровой экономике» на 2018-2020 годы.

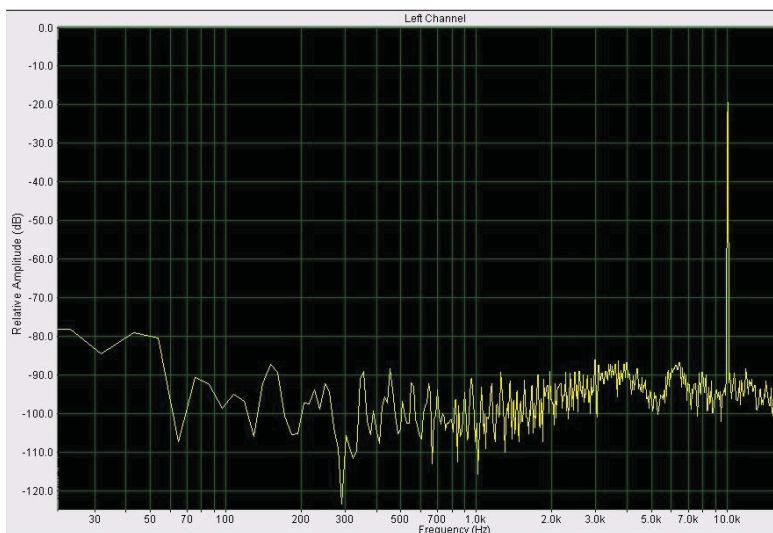


Рисунок 3 – Пример принимаемого сигнала

### Литература

1. Дружин Г.И. Антенны и распространение радиоволн. Часть II. Распространение радиоволн. Учебное пособие. - Петропавловск — Камчатский: КамчатГТУ, 2003. - 56 с.
2. Патент России «Способ поиска пострадавших под завалами» Автор патента: [Широков Игорь Борисович \(RU\)](#)
3. Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах", сборник научных трудов МакНИИ Макеевка, 2005 г.
4. Основные тенденции развития приборов поиска пострадавших Аксенов М. Б., Переяслов А. Н. Журнал [Технологии гражданской безопасности](#) 2006 БAK
5. [EMC for Product Designers](#) by [Tim Williams](#) Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK. Fourth edition 2007/
6. Хомич В.И. Приемные ферритовые антенны. М. – Л., Госэнергоиздат. 1963. 64 с.
7. Хомич В.И. Ферритовые антенны. М., Энергия. 1969. 96 с.

### References

1. Druzhin G.I. Antenny i rasprostraneniye radiovoln. Chast' II. Rasprostraneniye radiovoln. Uchebnoye posobiye. - Petropavlovsk — Kamchatskiy: KamchatGTU, 2003. - 56 S.
2. Patent Rossii «Sposob poiska postradavshikh pod zavalami» Avtor patenta: [Shirokov Igor' Borisovich \(RU\)](#)
3. Sposoby i sredstva sozdaniya bezopasnykh i zdorovykh usloviy truda v ugol'nykh shakhtakh", sbornik nauchnykh trudov MakNII Makeyevka, 2005 g.

4. Osnovnyye tendentsii razvitiya priborov poiska postradavshikh Aksenov M. B., Pereyaslov A. N. Zhurnal Tekhnologii grazhdanskoй bezopasnosti 2006 VAK
5. EMC for Product Designers by Tim Williams Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK. Fourth edition 2007/
6. Khomich V.I. Priyemnyye ferritovyye antenны. M. – L., Gosenergoizdat. 1963. 64 s.
7. Khomich V.I. Ferritovyye antenны. M., Energiya. 1969. 96 s.

UDC 621.396.6; 621.396.61; 621.396.62; 614.8

### **Summary**

*Makhonin V. Ye., Chulkov D.O., Shabelnikov Ye.A.  
(Mining Institute named after D. A. Kunaev, Almaty)*

*Prototype of the system for determining the location of people under the valves*

*Industrial safety rules for hazardous production facilities conducting mining and exploration work require the use of technical means to detect a person and determine his location under the rubble through a rock mass with an error of not more than 2 meters for 2 days during rescue operations. The Institute of Mining is developing a search system for people under the rubble*

*Keywords: Search under the rubble, radio transmission, electromagnetic wave, transmitting device, receiving device.*

ӨОЖ 621.396.6; 621.396.61; 621.396.62; 614.8

### **Резюме**

*Махонин В.Е., Чулков Д.О., Шабельников Е.А.  
(Д. А. Қонаев атындағы тау-кен институты, Алматы қ.)*

*Үлгілердің адамдардың жерін таңдау жүйесінің тәртібі*

*Тау-кен-барлау жұмыстарын жүргізетін қауіпті өндірістік объектілердегі өнеркәсіптік қауіпсіздік ережелері құтқару жұмыстарын жүргізу кезінде 2 күн ішінде 2 метрден аспайтын қателікпен тау жынысы арқылы бөгде жатқан адамды анықтау үшін және оның орналасқан жерін анықтау үшін техникалық құралдарды қолдануды талап етеді. Тау-кен институты қоқыс астындағы адамдарды іздеу жүйесін әзірлеуде*

*Түйінді сөздер: Үйінді астында іздеу, радиохабар, электромагниттік толқын, таратушы құрылғы, қабылдау құрылғысы*

## **РАВИЛЬ ВАКАСОВИЧ ВАГАПОВ**



5 января 2019 года исполнилось 80 лет со дня рождения известному ученому в области создания горного оборудования кандидату технических наук, ведущему научному сотруднику лаборатории разрушения и доставки горных пород Вагапову Равилю Вакасовичу.

Р.В.Вагапов родился 05 января 1939 г. в п. Арск, Арский р-н Татарская АССР.

Трудовая деятельность Вагапова Р.В. началась с 1957 г. на шахте №19 треста «Ленинуголь» комбината «Карагандауголь» в должности слесаря. По окончании Карагандинского политехнического института в 1964 г.

Вагапов Р.В. возвращается на шахту, где работает сначала слесарем, а затем горным мастером участка.

В Институт горного дела АН Каз.ССР Вагапов Р.В. поступил 22 января 1966 г. в лабораторию погрузки и транспорта и за время работы прошел путь от старшего инженера до заведующего этой лабораторией. С 1999 г. по 2012 г. работает в должности Ученого секретаря Института и с февраля 2012 г. – ведущим научным сотрудником лаборатории разрушения и доставки горных пород.

Основным научным направлением Вагапова Р.В. является изучение процессов в работе погрузочных и транспортных машин. Будучи талантливым инженером и экспериментатором Вагапов Р.В. спроектировал и создал физические модели погрузочных машин, по результатам испытания которых им были получены новые зависимости и разработаны рекомендации по совершенствованию горной техники. Результаты исследований и их анализ были обобщены Вагаповым Р.В. и представлены к защите в виде кандидатской диссертации «Исследования работ погрузочных машин непрерывного действия в условиях торцевого выпуска горной массы», которую он успешно защитил в мае 1982 г.

Вагапов Р.В. являлся ответственным исполнителем в разработке и создании робототехнического комплекса, осуществляющего одновременно операции по бурению, заряданию и взрыванию шпуров, погрузке и доставке руды, а также в выполнении НИР «Горные машины с силовым импульсным приводом на базе мехатронных технологий» и исполнителем по гранту АО «НАТР» проекта «Создание опытного образца породоразрушающей машины ударного действия с электромагнитным приводом».

За время работы кандидат технических наук Вагапов Р.В. опубликовал более 40 научных статей и получил 11 авторских свидетельств СССР и патентов РК.

За многолетний плодотворный труд к.т.н. Вагапов Р.В. был награжден нагрудными знаками Министерства индустрии и инновационного развития Республики Казахстан «Кенші Данкы» III-ей степени и Национальной академией горных наук «Отличник горной науки», Почетными грамотами РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» и Института горного дела им. Д.А.Кунаева.



## **НАРИМАН ЖАЛГАСУЛЫ**



31 декабря 2019 г. исполняется 80 лет Нариману Жалгасулы - горному инженеру, доктору технических наук, профессору, лауреату премии Кабинета Министров Казахской ССР, заведующему отделом «Экология и безопасность горных работ» Института горного дела им. Д.А. Кунаева.

Н. Жалгасулы в 1963 г. Окончил Горный факультет Казахского политехнического института и был направлен на Жезказганский горно-металлургический комбинат им. К.И. Сатпаева, где трудился начальником смены шахты «Покро» Жезказганского рудника, начальником бюро по научной организации труда Западно-Жезказганского рудника. В конце 1967 г. поступил на работу в Институт горного дела АН КазССР, где

прошел все ступени научного роста: аспирант, младший, старший, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией, заведующий отделом.

В 1973 г. он защитил кандидатскую диссертацию, а в 2001 г. - докторскую диссертацию на тему: «Эколого-технологические основы повышения эффективности разработок полезных ископаемых».

Все его научные разработки внедрены в производства так, например, технология смолоинъекционного упрочнения ослабленных рудных целиков, кровли очистных камер и подготовительных выработок нашел применения на шахтах Жезказгана и получил высокую оценку научной общественности, а также в числе сотрудников ИГД АН КазССР и работников Жезказганского ГМК в 1991 г. он был удостоен премии Кабинета Министров КазССР.

В настоящее время под руководством и при непосредственном участии Н. Жалгасулы разработаны рекомендации по биотехнической рекультивации отвалов и хвостохранилищ АО «Казахмыс», Жездинской обогатительной фабрики, а также разработаны технологии переработки буроугольных месторождений с получением различных препаратов-стимуляторов роста растений, топливных брикетов и углещелочных реагентов.

В связи с реструктизацией Института Н. Жалгасулы в 2008 г. назначен заведующим отделом «Экологии и безопасности горных работ», в состав которого входят 4 лаборатории: «Физико-химические способы переработки минерального сырья», «Рудничная аэрология», Экология и рациональное освоение недр», а также «Сдвижения пород и охраны горных выработок».

Н. Жалгасулы автор более 310 печатных работ, в том числе 8 коллективных монографий, 33 авторских свидетельств и предпатентов. Им выпущено 17 кандидатов технических наук, 3 магистрантов, руководит диссертационными работами 3-х соискателей-докторантов (PhD).

Заслуги Н. Жалгасулы в научной, научно-организационной деятельности высоко оценены общественностью и правительством: награжден медалью «Ветерана труда», «Лучший рационализатор СССР, Почетной грамотой акима города Алматы (2009), медалями «Шахтер даңқы», «За заслуги в науке» (РФ), «За заслуги» Современной Гуманитарной Академии РФ, «300 лет М.Ломоносова», «190-лет г. Кызылорды», присвоено звание Академик НАГН (2016), Юбилейной медалью «Ш.Есенову 90 лет»

(2017), Почетный знак НАГН «Отличник горной науки», Академик Международной академии «Экология», «Почетный гражданин Жалагашского района Кызылординской области», Юбилейной медалью «120 лет Т. Жургенова», ему за ряд лекционной деятельности присвоено звание «Почетного профессора Кульжинского Университета» (КНР),», за значительный вклад в горную науку Казахстана и развитие Института решением Ученого совета от 3 декабря 2009 г. Н. Жалгасулы присвоено звание «Почетный научный сотрудник Института горного дела имени Д.А. Кунаева».

Коллектив ИГД имени Д.А. Кунаева сердечно поздравляет Наримана Жалгасовича с наступающим юбилеем, желает ему крепкого здоровья, счастья и дальнейших творческих успехов на благо горной науки Казахстана.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

|                   |                                                                                                                                     |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Айтмуханов С.Х    | Технический директор ГПК ТОО «Казахмыс»                                                                                             |
| Ананин А.И.       | К-т техн. наук, зам. директора в области горного дела ВНИИцветмет,                                                                  |
| Баитов Ж.К.       | Соискатель ИГД им. Д.А. Кунаева                                                                                                     |
| Балтиева А.А.     | Зав. лаб., НС ИГД им. Д.А. Кунаева                                                                                                  |
| Бекбергенов Д.К.  | К-т техн. наук, руководитель лаборатории Комплексного освоения недр ИГД им. Д.А. Кунаева                                            |
| Бельтюков В.Н.    | ГИ УрО РАН                                                                                                                          |
| Бердинова Н. О.   | НС ИГД им. Д.А. Кунаева                                                                                                             |
| Бибосинов А.Ж.    | Директор ДТОО "Астрофизический институт им. Фесенкова"                                                                              |
| Бимурат Ж.        | ИГД им. Д.А. Кунаева                                                                                                                |
| Битимбаев М.Ж.    | Эксперт, член научно-технического Совета Корпорации, ТОО «Корпорация Казахмыс», д-р техн. наук, профессор                           |
| Буктуков Н. С.    | Директор ИГД им. Д.А. Кунаева, академик НАН РК, д-р техн. наук, профессор                                                           |
| Буллат А.Ф.       | Директор Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, академик НАН Украины, доктор технических наук, профессор. |
| Волков А.П.       | К-т техн. наук, заведующий лабораторией ИГД им. Д.А. Кунаева»                                                                       |
| Галиев Д.А.       | Зав. лабораторией «Автоматизированного проектирования» доктор PhD ИГД им. Д.А. Кунаева                                              |
| Галиев Ж.К.       | Эколог АО «ССГПО»                                                                                                                   |
| Галиев С.Ж.       | Вице - президент Национальная Академия горных наук, член корр. НАН РК, д-р техн. наук, профессор                                    |
| Давыдов С.Л.      | вед. инж. Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины.                                                          |
| Даниличев М.А.    | Директор ТОО «Новатест Казахстан»                                                                                                   |
| Дарменкулова А.Б. | ИГД им. Д.А. Кунаева, МНС лаборатории «Физико-химических способов переработки минерального сырья»                                   |
| Джангулова Г.К.   | К-т техн. наук ИГД им. Д.А. Кунаева                                                                                                 |
| Джарлпаганов У.А. | НС ИГД им. Д.А. Кунаева                                                                                                             |
| Джумабаев Е.И.    | ИГД им. Д.А. Кунаева                                                                                                                |
| Дианов А.С.       | Руководитель проектов отдела мониторинга и базовых станций ТОО «Leica Geosystems Kazakhstan»                                        |
| Едильбаева Л.И.   | Генеральный директор ТОО ВИСТ Азия                                                                                                  |
| Естемесов З.А.    | Д-р тех. наук, профессор, директор ТОО «ЦелСИМ»                                                                                     |
| Жалгасулы Н.      | Д-р тех. наук, профессор, академик НАН РК, зав. отделом. ЭБГР ИГД им. Д.А. Кунаева                                                  |
| Жараспаев М.А.    | Главный геомеханик ТОО «Корпорация Казахмыс»                                                                                        |
| Журавков М.А.     | Д-р техн. наук, профессор Белорусский государственный университет                                                                   |
| Исаева Г.С.       | К-т ф.-м. наук, ВНС Институт Геомеханики и освоения недр НАН КР                                                                     |
| Искаков Б.А.      | Зав. отделом "Отдел наземно-космического, геодинамического и геофизического мониторинга" ДТОО «Институт ионосферы»                  |
| Исмаилова А.А.    | НС лаборатории «Физико-химических способов переработки минерального сырья» ИГД им. Д.А. Кунаева                                     |

|                  |                                                                                                      |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Кайранбаева А.Б. | Доктор PhD, ученый секретарь АО «Национальный центр космических исследований и технологий»           |
| Калдыбаев А.А.   | Зам. директора по НИР "Институт ионосферы"                                                           |
| Калыбеков Т.     | Satbayev University                                                                                  |
| Климов А.А.      | Доктор экономических наук                                                                            |
| Когут А.В.       | К-т техн. наук, зав.лаб. ЭРОН ИГД им. Д.А. Кунаева                                                   |
| Кожогулов К.Ч.   | Член-корр. НАН КР, д-р техн. наук, профессор, директор института геомеханики и освоения недр НАН КР, |
| Куандыкова Э.М.  | Ст. преподаватель кафедры «Экологии» PhD докторант КазНАУ                                            |
| Куюков Е.        | Satbayev University                                                                                  |
| Лисенков А.А.    | Д-р техн. наук, профессор ИГД им. Д.А. Кунаева                                                       |
| Магзумов А.Е.    | Ведущий инженер, к-т техн. наук ТОО "Корпорация Казахмыс"                                            |
| Мальшакова Н.И.  | К-т техн. наук, консультант-геомеханик ТОО «Корпорация Казахмыс»                                     |
| Махонин В. Е.    | Зам.директор по проектированию ИГД им. Д.А. Кунаева                                                  |
| Метакса Г.П.     | Д-р техн. наук, зав. лаб. ИГД им. Д.А. Кунаева                                                       |
| Милетенко Н.А.   | К-т техн. наук, СНС ИПКОН РАН                                                                        |
| Музгина В.С.     | Д-р техн. наук, НС ТОО «ВИСТ Азия»                                                                   |
| Мурзалиев А.Т.   | МНС ДТОО «Институт космической техники и технологий»                                                 |
| Мустапаев А.К.   | ТОО ВИСТ Азия                                                                                        |
| Нурақынов С.М.   | PhD - докторант, зав.сектором отдела НКГТМ ДТОО «Институт ионосферы»                                 |
| Нурлыбаев Р.О.   | К-т техн. наук, ВНС ИГД им. Д.А. Кунаева                                                             |
| Одинцев В.Н.     | Д-р техн. наук, ВНС отдела Проблем управления освоением и сохранением недр Земли ИПКОН РАН           |
| Опарин С.А.      | К-т техн. наук, доцент, СНС Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины          |
| Орынгожин Е.С.   | Д-р техн. наук, руководитель лаб. Спецметодов разработок недр, ИГД им. Д.А. Кунаева                  |
| Падилла Дж.М.    | GCTS Testing Systems Аризона, США                                                                    |
| Панжин А.А.      | К-т техн. наук, ученый секретарь ИГД УрО РАН                                                         |
| Паньков И.Л.     | К-т техн. наук, СНС ГИ УрО РАН                                                                       |
| Помашев О.П.     | Satbayev University                                                                                  |
| Раскалиев А.С.   | ДТОО «Институт космической техники и технологий»                                                     |
| Рысбеков К.Б.,   | К-т техн. наук, зав. кафедрой «Горное дело», ассоциированный профессор Satbayev University           |
| Сандибеков М.Н., | К-т техн. наук Satbayev University                                                                   |
| Съедина С.А.     | Доктор PhD, зав лаб. ИГД им. Д.А. Кунаева                                                            |
| Тажибаев Д.К.    | Институт геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики                |
| Тажибаев К.Т.    | Д-р техн. наук, профессор Институт геомеханики и освоения недр НАН КР                                |
| Тарасов А.Ю.     | Начальник геомеханического бюро РГОК ТОО «Казцинк»                                                   |
| Текенова А.Т.    | Магистр, экономист лаб. «Экономического анализа планирования и управления» ИГД им. Д.А. Кунаева      |
| Токсаров В.Н.    | К-т техн. наук ГИ УрО РАН                                                                            |
| Толысбаев А.К.   | ТОО «Корпорация Казахмыс»                                                                            |
| Тугельбаев А.Б.  | Эколог АО «ССГПО»                                                                                    |
| Тулганбаева А.М. | Главный геомеханик ТОО «Востокцветмет»                                                               |
| Ударцев А.А.     | ГИ УрО РАН                                                                                           |
| Утешов Е.Т.      | PhD докторант Satbayev University                                                                    |

|                   |                                                                                           |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Федоров Е.В.      | К-т техн. наук, зав. отделом ИПКОН РАН                                                    |
| Фремд А.Г.        | К-т ф.-м. наук, зав. лаб ДТОО «Институт ионосферы»                                        |
| Холявченко Л.Т.   | К-т техн. наук, СНС Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины       |
| Чепашев Д.В.      | МНС в ДТОО «Институт ионосферы»                                                           |
| Чулков Д. О.      | Зав. лаб Рудничной аэрологии ИГД им. Д.А. Кунаева                                         |
| Шабельников Е. А. | К-т техн. наук, СНС ИГД им. Д.А. Кунаева                                                  |
| Шамганова Л.С.    | Член- корр. НАН РК, д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ИГД им. Д.А. Кунаева |
| Шигаев Д.Т.       | PhD- докторант, начальник отдела НКГГМ ДТОО «Институт ионосферы»                          |

## СОДЕРЖАНИЕ ПРИВЕТСТВИЯ

|                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| участникам конференции и сотрудникам Института горного дела им. Д.А.Кунаева                                                                                                                          |    |
| <b>Баитов К.К.</b> – Председатель Комитета индустриального развития и промышленной безопасности МИИР РК                                                                                              | 8  |
| <b>Абдибеков Н.К.</b> - первый заместитель председателя Федерации Профсоюза Республики Казахстан, к-т техн. наук                                                                                     | 9  |
| <b>Жарменов А.А.</b> – Генеральный директор НЦ КПМС РК МИИР РК, академик НАН РК, д-р техн.наук, профессор                                                                                            | 10 |
| <b>Галиев С.Ж.</b> – вице - президент Национальная Академия горных наук, член корр. НАН РК, д-р техн. наук, профессор                                                                                | 11 |
| <b>Буктуков Н.С.</b> - Директор ИГД им. Д.А.Кунаева РГП «НЦ КПМС РК», Академик НАН РК, Заслуженный изобретатель РК, д-р техн наук, проф. Буктуков Н.С.                                               | 12 |
| <b>Шамганова Л.С.</b> - Заместитель директора ИГД им. Д.А. Кунаева, зав. отделом геомеханики, чл.-корр. НАН РК, д-р техн. наук                                                                       | 13 |
| 1 <b>Буктуков Н.С., Шамганова Л.С.</b> Геомеханические исследования института горного дела им. Д.А. Кунаева                                                                                          | 14 |
| 2 <b>Журавков М.А.</b> Актуальные фундаментальные и прикладные задачи геомеханики месторождений калийных солей Беларуси                                                                              | 21 |
| 3 <b>Тажибаев К.Т., Кожогулов К.Ч., Тажибаев Д.К.</b> О возможности горного удара, его прогноза и предупреждения при открытой разработке рудных месторождений                                        | 30 |
| 4 <b>Токсаров В.Н., Бельтюков Н.Л., Ударцев А.А., Паньков И.Л.</b> Напряженное состояние скальных трещиноватых массивов                                                                              | 39 |
| 5 <b>Мальшакова Н.И., Толысбаев А.К., Жараспаев М.А.</b> Геомеханические вопросы при переходе Жезказганского месторождения к масштабной повторной отработке                                          | 45 |
| 6 <b>Тулганбаева А.М., Шамганова Л.С., Балтиева А.А., Съедина С.А.</b> Цифровые технологии для геомеханической оценки массива в шахтных условиях на примере месторождений ТОО «Востокцветмет»        | 47 |
| 7 <b>Низаметдинов Ф. К., Низаметдинов Р. Ф.</b> Геомеханическая основа создания крутых откосов уступов при отработки нижних горизонтов карьеров                                                      | 54 |
| 8 <b>Букин А.Н., Шамганова Л.С., Токсаров В.Н.</b> Анализ напряженного состояния целиков при камерно-столбовой системе отработки                                                                     | 58 |
| 9 <b>Салыков Е.К., Куанышбайулы С.</b> Геотехнологические аспекты Разработки жезказганского месторождения                                                                                            | 66 |
| 10 <b>Падила Дж.М., Даниличев М.А., Климов А.А.</b> Современные системы и решения для испытания скальных грунтов, геотекстиля, композиционных материалов                                             | 69 |
| 11 <b>Криницын Р.В., Менгель Д.А., Селин К.В.</b> Исследование параметров напряжённо-деформированного состояния массива горных пород шахты «Соколовская» АО «ССГПО»                                  | 77 |
| 12 <b>Милетенко Н.А., Одинцев В.Н., Федоров Е.В.</b> Влияние особенностей напряженно-деформированного состояния массива горных пород в субарктических регионах на безопасную отработку месторождений | 84 |
| 13 <b>Исаева Г.С.</b> Компьютерные системы для планирования горных работ                                                                                                                             | 94 |

|    |                                                                                                                                                                                                                             |     |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 14 | <b>Вершинин А.В., Сон Д.В., Бахтыбаев Н.Б.</b> Численное моделирование напряженно-деформированного состояния участка угольной шахты в среде CAE Fidesys                                                                     | 101 |
| 15 | <b>Дианов Л.</b> Мониторинговые решения для недропользователей                                                                                                                                                              | 109 |
| 16 | <b>Едильбаева Л.И., Музгина В.С., Мустапаев А.К.</b> Применение цифровых технологий для повышения безопасности горных работ                                                                                                 | 116 |
| 17 | <b>Айтмуханов С.Х., Жараспаев М.А., К.Т.Н. Магзумов А.Е.</b> Опыт отработки и крепления маломощных залежей на Жезказганском месторождений                                                                                   | 123 |
| 18 | <b>Панжин А.А.</b> Методы геомеханического мониторинга состояния устойчивости бортов и уступов карьеров                                                                                                                     | 125 |
| 19 | <b>Фремд А.Г., Бибосинов А.Ж., Исаков Б.А., Чепашев Д.В.</b> Определение нефтеперспективности месторождения углеводородного сырья с применением математического моделирования                                               | 133 |
| 20 | <b>Ананин А.И., А.Ю. Тарасов А.Ю.</b> Геомеханическое обоснование устойчивых параметров камер на глубоких горизонтах тишинского рудника                                                                                     | 142 |
| 21 | <b>Калдыбаев А.А., Нуракинов С.М., Исаков Б.А., Кайранбаева А.Б.<sup>1</sup>, Шигаев Д.Т.<sup>1</sup></b> Методы диагностирования и оценки технического состояния гидротехнических сооружений георадиолокационными методами | 149 |
| 22 | <b>Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Сандибеков М.Н., Куюков Е.</b> Изучение обоснования рационального способа рекультивации внешних отвалов                                                                                     | 155 |
| 23 | <b>Метакса Г.П.</b> Практическое использование геомеханических теоретических соотношений                                                                                                                                    | 165 |
| 24 | <b>Бекбергенев Д.К., Джангулова Г.К</b> Моделирование конструкции искусственного днища блока при освоении залежей на глубоких горизонтах шахт                                                                               | 172 |
| 25 | <b>Бердинова Н. О.</b> Анализ факторов, определяющих устойчивость бортов Южно-Сарбайского карьера                                                                                                                           | 180 |
| 26 | <b>Балтиева А.А., Шамганова Л.С., Раскалиев А.С., Мурзалиев А.Т.</b> Разработка единого координатно-временного обеспечения маркшейдерско - геодезических измерений на качарском карьере                                     | 187 |
| 27 | <b>Сьедина С.А., Бердинова Н.О.</b> Геомеханическое обеспечение устойчивости бортов и уступов глубоких карьеров                                                                                                             | 194 |
| 28 | <b>Алтаева А.А., Шамганова Л.С.</b> Геодезические методы наблюдения за деформациями земной поверхности орловского месторождения                                                                                             | 202 |
| 29 | <b>Нурлыбаев Р.О.</b> Анализ особенностей оседаний пород над отработанными панелями при камерно-столбовой системе разработки мощных и сближенных рудных залежей                                                             | 208 |
| 30 | <b>Нурлыбаев Р.О.</b> Испытание образцов горных пород и строительных материалов, определение их прочностных характеристик на разрыв и изгиб                                                                                 | 217 |
|    | Труды Чабдаровой Юлии Ивановны                                                                                                                                                                                              | 225 |
|    | Трудовые будни Ю.И. Чабдаровой в Институте горного дела им. Д.А. Кунаева                                                                                                                                                    | 233 |
| 31 | <b>Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Утешов Е.Т., Текенова А.Т.</b> О ходе цифровизации горно-металлургического комплекса Казахстана                                                                                                | 251 |



|    |                                                                        |     |
|----|------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | <b>Булат А.Ф., Давыдов С.Л., Холявченко Л.Т., Опарин С.А.</b>          |     |
|    | Пароплазменные технологии в производстве синтез-газа и моторного       |     |
| 32 | топлива из угля, эффективность и перспективы                           | 259 |
|    | <b>Битимбаев М.Ж., Орынгожин Е.С., Джумабаев Е.И.</b> Предпосылки и    |     |
|    | основные условия проектирования комбинированной разработки             |     |
| 33 | месторождений Казахстана                                               | 271 |
|    | <b>Лисенков А.А., Джарлкаганов У.А., Бимурат Ж.</b> Оптимизация        |     |
|    | нормативов запасов полезных ископаемых по степени их                   |     |
| 34 | технологической готовности к добыче                                    | 280 |
|    | <b>Буктуков Н.С., Волков А.П., Байтов Ж.К.</b> Частные решения задачи  |     |
|    | определения скоростей движения породы и воды при перемещении           |     |
| 35 | искусственного селевого водо-каменного потока по жесткому руслу        | 291 |
|    | <b>Жалгасулы Н., Когут А.В., Исмаилова А.А., Дарменкулова А.Б.,</b>    |     |
|    | <b>Куандыкова Э.М.</b> Производства гуминовых препаратов из угольного  |     |
| 36 | сырья Казахстана                                                       | 299 |
|    | <b>Жалгасулы Н., Естемесов З.А., Когут А.В., Тугельбаев А.Б.,</b>      |     |
|    | <b>Галиев Ж.К.</b> Исследование золошлаковых отходов ТЭЦ как сырья     |     |
| 37 | для получения строительных материалов                                  | 308 |
|    | <b>Нурлыбаев Р.О., Помашев О.П.</b> Устройство для контроля и          |     |
| 38 | измерения солепарафиновых отложений в нефтепроводах                    | 315 |
|    | <b>Нурлыбаев Р.О.</b> Разработка устройства для очистки внутренней     |     |
|    | поверхности трубопроводов от различного рода отложений и               |     |
| 39 | засорений                                                              | 322 |
|    | <b>Махонин В. Е., Чулков Д. О., Шабельников Е. А.</b> Прототип системы |     |
| 40 | определения местоположения людей под завалами                          | 330 |
|    | К 80 – летнему юбилею <b>Вагапов Равиль Вакасович</b>                  | 337 |
|    | К 80 – летнему юбилею <b>Нариман Жалгасулы</b>                         | 338 |
|    | Сведения об авторах                                                    | 340 |
|    | Содержание                                                             | 343 |