***Горное и нефтегазовое дело***

**Мусин Р.А., Асанова Ж.М.,Байкенжин М.А.,Альжанов Р.Х.**

*ТЕХНОЛОГИЯ КРЕПЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО СТВОЛА №3 МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЖОМАРТ 2»……..*

**Усенбеков М.С., Мейрам Е.М., Жумабеков М.Н., Рабатұлы М., Исабек Т.К.**

*КӨМІР ҚАБАТЫНДАҒЫ ЖЕРАСТЫ ГАЗСЫЗДАНДЫРУ ҰҢҒЫМАЛАРЫНАН*

*ГАЗ ШЫҒУЫН АРТТЫРУ……………………………………………………………………………………………*

**Исенгалиева Г.А.,**  **Балгынова А.М., Саркулова Ж.С.,Темирханова М.М.**

РЕШЕНИЕ *ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ С ПОМОЩЬЮ ОЧИСТКИ НЕФТИ И ГАЗА ОТ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ……………………………………………………………………………..*

**НургужинМ.Р., Даненова Г.Т. ,Нургужина А.М., АхметжановТ.Б.**

*РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО J-ИНТЕГРАЛА………*

**Тайманова Г.К., Заутбек Б.Б.**

*МҰНАЙ-ГАЗ КЕШЕНІ КӘСІПОРЫНДАРЫНДА САПА МЕНЕДЖМЕНТІ ЖҮЙЕСІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ЖӘНЕ ДАМЫТУ..........................................................................................................*

**Ахметканов Д.К., Тян Л.Е., Абен Е.Х., Елузах М.**

*ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДЗЕМНОГО ВЫЕМОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ MICROMINE……………………………………………………………………………………………………………..*

**Мадишева Р.К., ЖексенбаеваГ.М.,Адилханов Р.К., Демеуова А.Б., АмангельдиеваГ.Б., Умирзакова М.Б.**

*НЕФТЕМАТЕРИНСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ АРЫСКУМСКОГО ПРОГИБА ЮЖНО-ТОРГАЙСКОГО БАССЕЙНА…………………………………………………………………………….*

**Бесбаева Н.А.**, **Ж.Бимбетова Г., Эфендиев Г.М., Надиров К.С., Отарбаев Н.Ш**

*ПОЛИМЕРНЫЙ РЕАГЕНТ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ БУРОВОГО РАСТВОРА ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН………………………………………………………………….......* **Кайназаров А.С., Демин В.Ф., Кайназарова А.С., Абрахман Е.А.**

*ДАЙЫНДЫҚ ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ АЙНАЛАСЫНДАҒЫ СИЫМДЫ ЖЫНЫСТАРДЫҢ ЖЫЛЖУЫН МОДЕЛЬДЕУ..............................................................................................................................*

**Nuranbayeva B.**

*THE FEASIBILITY STUDY ON EFFICIENCY OF DEVELOPMENT OF THE OIL FIELD ON THE LAND AND THE SHELF OF THE CASPIAN SEA WITH USE GRAVITATIONAL MODE OF PRODUCTION........*

**Moldabayev S.K., Adamchuk A.A., Sarybayev N.O., Moldabayev A.S., Nurmanova A.N.**

*DEVELOPMENT AND SUBSTANTIATION OF ROCK UNLOADING DEVICE WITH THROUGH-PASSING OF TRUCKS……………………………………………………………………………………………………..*

***Горное и нефтегазовое дело***

МРНТИ 52.13.23

ТЕХНОЛОГИЯ КРЕПЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО СТВОЛА №3 МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЖОМАРТ 2»

**Р.А. Мусин, Ж.М. Асанова🖂, М.А. Байкенжин, Р.Х. Альжанов**

Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,

Караганда, Казахстан,

**🖂** Корреспондент-автор: e-mail: [zhanar-a@bk.ru](mailto:zhanar-a@bk.ru)

Данная статья посвящена решению проблемы, имеющей важное практическое значение такой, как повышение экономической и техникой эффективности строительства и эксплуатации горных выработок, на которое направлено теоретическое обобщение и научное обоснование инновационных проектных, конструктивных и технологических решений в сфере крепления глубоких вертикальных стволов.

Обычно технология проходки восстающих включает в себя бурение направляющей скважины с верхнего горизонта вниз к существующей выработке, затем снимается долото и устанавливается расширительная головка. Нынешние уровни технологии позволяют легко провести восстающую, 3 – 4 метра. Бурения восстающих выработок большего диаметра довольно медленно осваивается, хотя усовершенствованные технологии буровых работ и параметры расширительных головок дают возможность бурить выработки диаметром 5 – 6 метров с увеличенной производительностью и положительным экономическим эффектом, чем в прошлом.

Технический результат заключается в повышении эффективности крепления шахтного ствола за счет конструкции, включающей в себя кольцевую крепь, размещённую в специальной нише ствола, закрепленную анкерами. Для предотвращения вывалов породы, устанавливается сетка, в местах геологических нарушений дополнительно применяется набрызгбетонная крепь.

**Ключевые слова:** вентиляционный ствол, восстающие выработки, расширяющие головки, бетонирование, армировка, набрызгбетон, кольцевая крепь.

«ЖОМАРТ 2» КЕН ОРНЫНЫҢ №3 ЖЕЛДЕТУ ОҚПАНЫН БЕКІТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

**Р.А. Мусин, Ж.М.Асанова🖂, М.А. Байкенжин, Р.Х. Альжанов**

Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,

Қарағанды қ., Қазақстан,

e-mail: zhanar-a@bk.ru

Бұл мақала терең тік оқпандарды бекіту саласындағы Инновациялық жобалау әдістерін, конструктивті және технологиялық шешімдерді теориялық жалпылау мен ғылыми негіздеуге бағытталған қазбаларды салу мен пайдаланудың техникалық-экономикалық тиімділігін арттыру сияқты маңызды практикалық маңызы бар мәселені шешуге арналған.

Әдетте, көтерілісшілерді бұрғылау технологиясы бағыттаушы ұңғыманы жоғарғы горизонттан қолданыстағы қазбаға дейін бұрғылауды қамтиды, содан кейін қашау алынып, кеңейту басы орнатылады. Технологияның қазіргі деңгейлері 3-4 метрге көтерілуді жеңілдетеді. Үлкен диаметрлі өрлемелі қазбаларды бұрғылау өте баяу игерілуде, дегенмен кеңейту бастарының конструкциялары мен жетілдірілген бұрғылау технологиялары 5-6 метрлік бұрғылауға мүмкіндік береді, бұл бұрынғыға қарағанда өнімділігі мен экономикалық тиімділігі жоғары.

Техникалық нәтиже якорьмен бекітілген арнайы оқпан тауашасына орналастырылған сақиналы бекіткішті қамтитын конструкция есебінен шахта оқпанын бекіту тиімділігін арттыру болып табылады. Тау жыныстарының үйілуін болдырмау үшін тор орнатылады, геологиялық бұзылу орындарында қосымша бетон бекіткіші қолданылады.

**Түйін сөздер:** желдету стволы, жоғары қараған қазбалар, кеңейту бастары, бетондау, арматура, бүріккішбетон, сақиналы бекіткіш.

THE TECHNOLOGY OF FASTENING THE VENTILATION SHAFT No. 3 OF THE

«JOMART 2» DEPOSIT

R.A. Musin, Zh.M.Asanova🖂, M.A. Baykenzhin, R.H. Alzhanov

Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov,

Karaganda, Kazakhstan,

е-mail: zhanar-a@bk.ru

This article is devoted to solving a problem of great practical importance, such as improving the technical and economic efficiency of construction and operation of workings, which is aimed at theoretical generalization and scientific justification of innovative design methods, constructive and technological solutions in the field of fastening deep vertical shafts.

Usually, the technology of sinking the rebels involves drilling a guide well from the upper horizon down to the existing development, then the chisel is removed and the expansion head is installed. Current levels of technology make it easy to hold a rising, 3 – 4 meters. Drilling of rising workings of a larger diameter is being mastered rather slowly, although the design of expansion heads and advanced drilling technologies allow drilling with a diameter of 5-6 meters with greater productivity and positive economic effect than in the past.

The technical result is to increase the efficiency of fixing the shaft shaft due to the design, which includes an annular support placed in a special niche of the shaft, secured with anchors. To prevent rock falls, a grid is installed, in places of geological violations, a spray-concrete support is additionally applied.

Keywords: ventilation shaft, rising workings, expanding heads, concreting, reinforcement, spray concrete, ring support.

Введение. Цель. Кроме объективных горно-геологических посылов, одной из оснований невысокой технико-экономической производительности проходки, крепления и эксплуатации основательных стволов считается внедрение закоренелых раскладов при их проектировании и строительстве. Данные расклады базируются на неполных исходных данных и устаревших нормативных основах, характеризуются широким применением схем проходки, в сочетании с последующим усилением, ограниченным набором заключений по увеличению несущей возможности укрепления, основанных на экстенсивных принципах, недостающим учетом влияющих горнотехнических и технологических моментов [1].

Последние фундаментальные исследования в области геомеханики и геотехнологии дают возможность признать, собственно что высококачественное совершенствование производительности строительства и эксплуатации основательных стволов вполне вероятно при переходе к инновационным способам проектирования и строительства, учитывающего выполнение системного анализа взаимодействия отдельных составляющих геотехнических систем и интенсивное внедрение современных конструктивных и технологических заключений на базе передовых средств укрепления массива, высокоэффективных материалов укрепления, современных схем проходки и др [2].

Месторождение Жаман-Айбат находится в Улытауской области, Жанааркинском районе, в 130 км от города Жезказган.

Месторождение пространственно приурочено горам Жаман-Айбат, которые вытянуты а субширотном направлении и занимают площадь по середине месторождения.

Стволы блока 19, 37 «Вентиляционный ствол №3, Жомарт 2 были пройдены буровой установкой «RHINO 2007 DC». Для разработки технологического регламента были предоставлены материалы по воздухоподающему стволу № 1 панели 37. Рассматриваемый

5-6 метров с положительным экономическим эффектом, чем это было ранее [3].

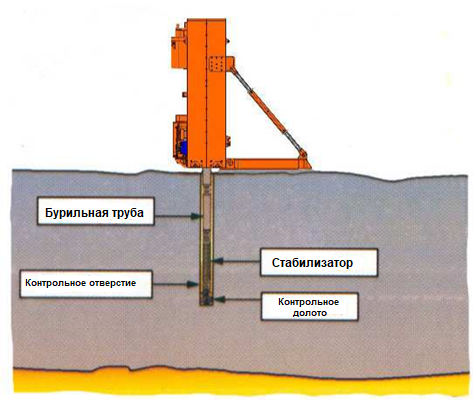
Ствол пройден в районе панели 37 в восточной части месторождения. Ствол предназначен для подачи воздуха в шахту. Глубина ствола 490,72 м. Нижняя отметка ствола 142,72 м. Диаметр ствола 4,5 м. Ствол был пройден в 2017 году. В настоящее время стенки ствола не закреплены.

Вентиляционные стволы являются неотъемлемой частью системы вентиляции угольных шахт и рудников, работающих на больших глубинах. На текущий момент подача воздуха в эти стволы осуществляется вентиляторными установками с электродвигателями мощностью от 500 до 3000 кВт и более. Однако их коэффициент полезного действия практически не превышает 0,35, что означает, что около 65% электроэнергии, потребляемой на вентиляцию, теряется. Одной из причин этого является высокое аэродинамическое сопротивление вентиляционных стволов, которые загромождены армировкой, подъемными сосудами и коммуникациями [4].

Для улучшения технико-экономической эффективности строительства и эксплуатации вентиляционных стволов, прокладываемых в устойчивых породах, рекомендуется использовать ресурсосберегающую набрызгбетонную крепь или комбинированную крепь с гибкой армировкой в соответствии с требованиями. Однако при глубинах стволов более 500 м применение гибкой армировки становится затруднительным из-за большого веса канатов, натяжных устройств, а также необходимости увеличения диаметра ствола, если размеры поперечного сечения принимаются с учетом размеров подъемных сосудов и соответствующих зазоров. В связи с этим на практике в глубоких стволах широко используется монолитная бетонная крепь и жесткая армировка, которые не соответствуют критериям технико-экономической эффективности.

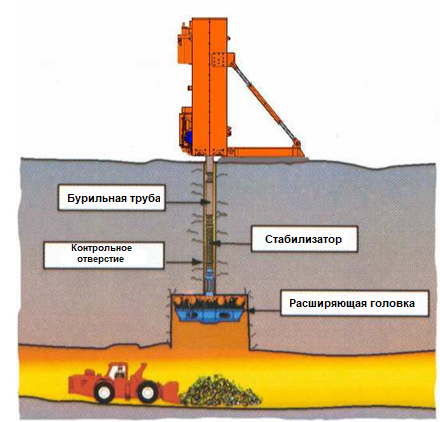
С увеличением глубины современных вертикальных стволов, усложнением конструкции их армировки и ростом металлоемкости последней, данная проблема становится все более актуальной [5].

**Материалы и методы.** Проходка восстающих выработок разного предназначения всякий раз была делом дорогим, медленным и довольно небезопасным. Наиболее часто применяемой технологией проходки восстающих является метод, при котором изначально пробуривается направляющая скважина с верхнего горизонта в направлении вниз к ранее пройденной выработке (рисунок 1).



**Рис. 1- Бурение направляющей скважины станком «RHINO 2007 DC»**

Далее с бурильной колонны снимается пилотное долото, затем монтируется расширительная головка. После скважину бурят до необходимого по проекту диаметра (рисунок 2).



**Рис. 2 - Разбуривание направляющей скважины до проектного диаметра «RHINO 2007 DC»**

Нынешний технологии легко позволяют производить бурение восстающих стволов диаметром 3-4 метра. Однако, что касается бурения более крупных диаметров, стоит отметить, что внедрение этой технологии идет довольно медленно. Несмотря на это, использование расширительных головок и передовых технологий в бурении позволяет достичь более высокой производительности при бурении стволов диаметром 5-6 метров с положительным экономическим эффектом, чем это было ранее [3].

Результаты многолетних исследований обеспечивают научно-методические основы для проектирования и расчета жестких и канатных армировок вертикальных стволов в различных условиях. Были разработаны безрасстрельные схемы армирования, методы крепления несущих элементов армировки на анкерах, а также конструкции армировки с ограниченной податливостью и возможностью радиального регулирования. В тот же период эти решения были адаптированы для использования в стволах с монолитной бетонной крепью. Однако теоретические и практические вопросы, связанные с изучением совместной работы жесткой армировки и набрызгбетонной крепи, остаются неизученными [5].

Набрызгбетонная крепь характеризуется минимальной толщиной, значительными отклонениями и неровностью контура, что создает сложности при использовании стандартных жестких армировок ярусного типа и негативно влияет на её прочностные и деформационные характеристики. Несущие элементы армировки закрепляются в самой крепи и в окружающем породном массиве, воздействие которого в существующих методиках расчета армировки не учитывается. Кроме того, динамические воздействия от движущихся подъемных сосудов не рассматриваются при определении параметров набрызгбетонной крепи. Таким образом, возникает необходимость в комплексном рассмотрении системы "безъярусная армировка - набрызгбетонная крепь - породный массив" и последующем поиске и обосновании эффективных решений для армирования глубоких вентиляционных стволов.

Для крепления вертикальных выработок круглой формы при использовании обычного метода проходки чаще всего используется монолитный бетон или в некоторых случаях оставляется без крепления. В устьях и на участках, проходимых специальными способами в слабых обводненных породах, устанавливается металлическая тюбинговая крепь. Кроме того, в зависимости от горно-геологических условий, вертикальные выработки по всей длине могут быть закреплены железобетонной монолитной, тюбинговой или набрызгбетонной крепями, а также временной штанговой (анкерной) крепью с последующим усилением её постоянной бетонной или набрызгбетонной крепью [5].

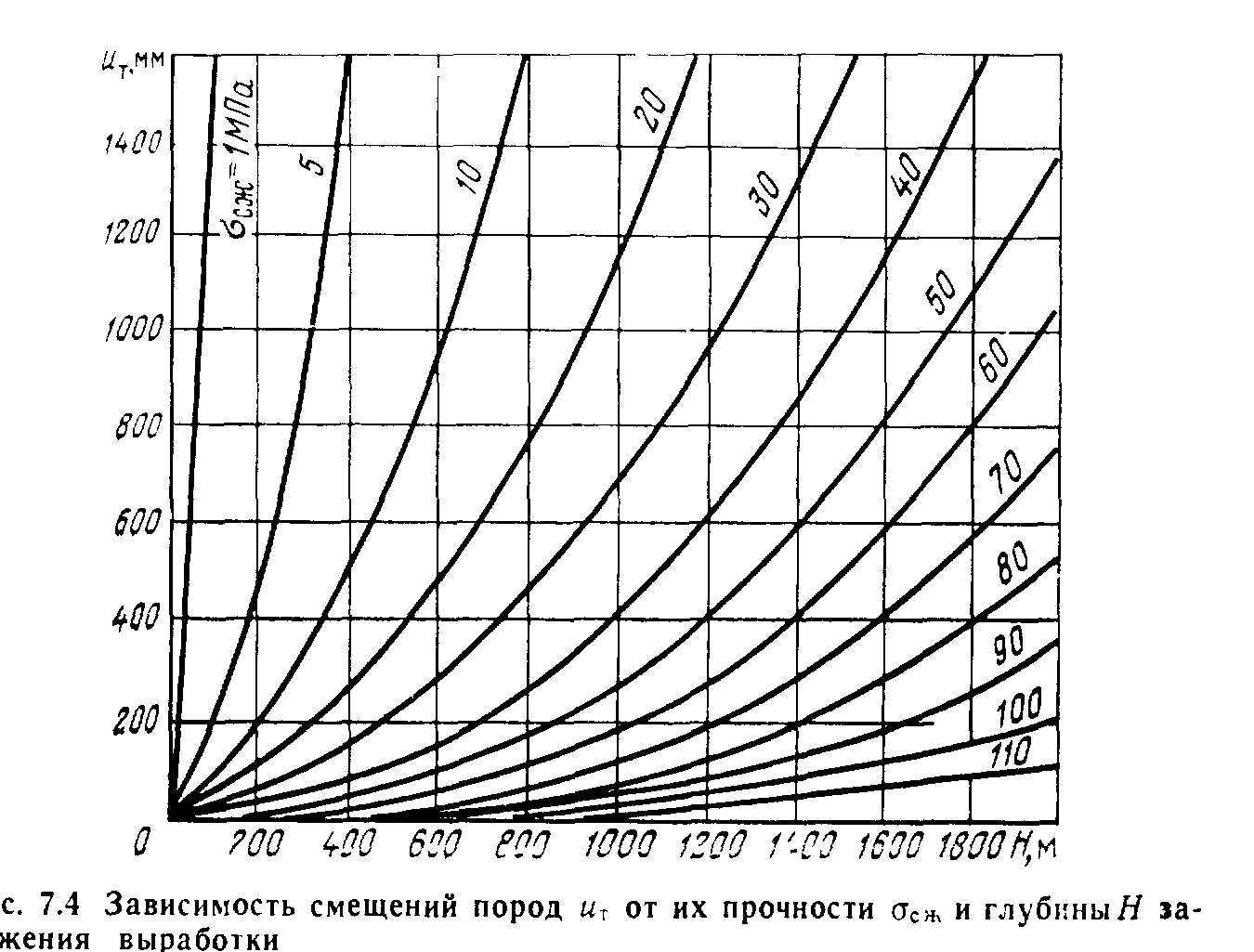
При выборе конструкции и материала для крепи вертикальных стволов, инженеры исходят из детального анализа геологических характеристик пород и условий их расположения, таких как угол падения, трещиноватость и другие факторы. Результаты исследований основных физико-механических свойств окружающих пород позволяют определить прочность, угол внутреннего трения, модуль упругости, пористость и другие характеристики массива. Эти данные получают на основе изучения геологических материалов, полученных в результате бурения контрольных разведочных скважин. Кроме того, ценным и достаточно достоверным источником информации при выборе конструкции крепи, особенно её толщины, является обследование и анализ состояния крепи ранее построенных вертикальных выработок в аналогичных горно-геологических условиях.

Выбор и расчет параметров податливой металлической рамной крепи горных выработок вне зоны и в зоне влияния очистных работ по пологим, наклонным, круто-наклонным и крутым платам определяют по Инструкции, разработанной ВНИМИ в 1991 году.

По методике ВНИМИ, для прогноза устойчивости горизонтальных выработок угольных шахт в качестве критерия устойчивости принимается величина ожидаемых смещений на контуре сечения незакрепленной выработки за весь срок ее службы, определяемых по формуле:

(1)

где uт - смещения (типовые), определяемые по графикам (рисунок Д.1);



**Рис. 1 - Графики для определения типовых смещений пород**

Кα -коэффициент влияния угла залегания пород и на­правления проведения выработки относительно простирания по­род или основных плоскостей трещиноватости, определяемый по таблице 1;

Кθ-коэффициент, учитывающий направление сме­щений пород и принимающий значение 1 при определении сме­щений со стороны кровли или почвы (в вертикальном направ­лении). При определении боковых смещений пород (в горизон­тальном направлении) Кθ принимается по таблице 1.

**Таблица 1- Определение боковых смещений пород (в горизонтальном направлении)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Направление  проходки  выработки | Коэффициенты Кα и Кθ в зависимости от угла падения пород α, град | | | | | | | | | |
| до 20 | | 21-30 | | 31-40 | | 41-50 | | более 50 | |
| Кα | Кθ | Кα | Кθ | Кα | Кθ | Кα | Кθ | Кα | Кθ |
| По простиранию | 1 | 0,35 | 0,95 | 0,55 | 0,8 | 0,8 | 0,65 | 1,2 | 0,6 | 1,5 |
| вкрест простирания | 0,7 | 0,55 | 0,6 | 0,8 | 0,45 | 0,95 | 0,25 | 0,95 | 0,2 | 0,8 |
| под углом к простиранию | 0,85 | 0,45 | 0,8 | 0,65 | 0,65 | 0,9 | 0,45 | 1,05 | 0,35 | 1,1 |

КS- ко­эффициент влияния пролета выработки для кровли и почвы принимается равным КS *=* 0,2 (b-1), для боков выработки КS *=* 0,2 (h-1) (b- пролет выработки, h- высота выработки);

КВ - коэффициент влияния других вы­работок, равный для одиночных выработок 1; для сопряжений с односторонним примыканием выработки-1,4; для сложных сопряжений с примыканием выработок в виде двустороннего заезда или пересекающихся выработок-1,6. Для параллель­ных выработок этот коэффициент равен:

(2)

где L- расстояние между выработками, м;

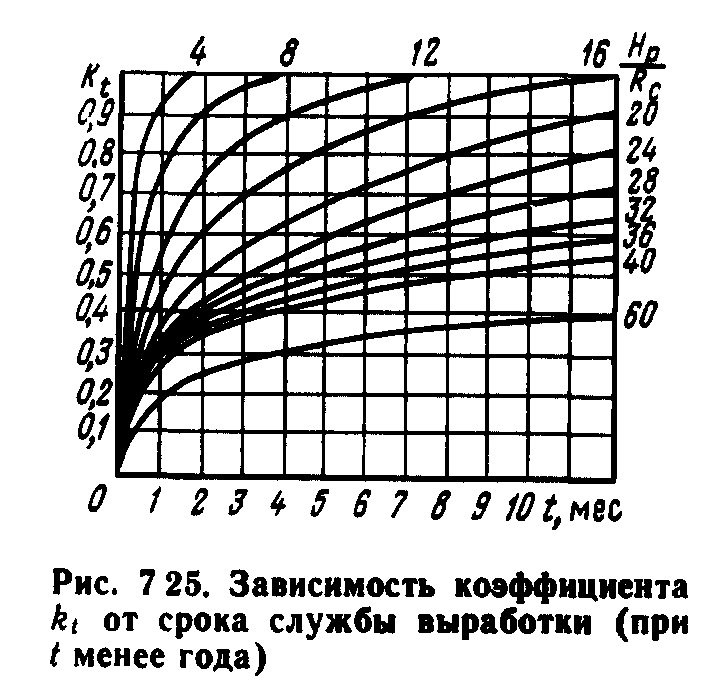
b1и b2пролеты взаимовлияющих выработок, м

КL коэффициент, принимаемый по табл. 2.2;

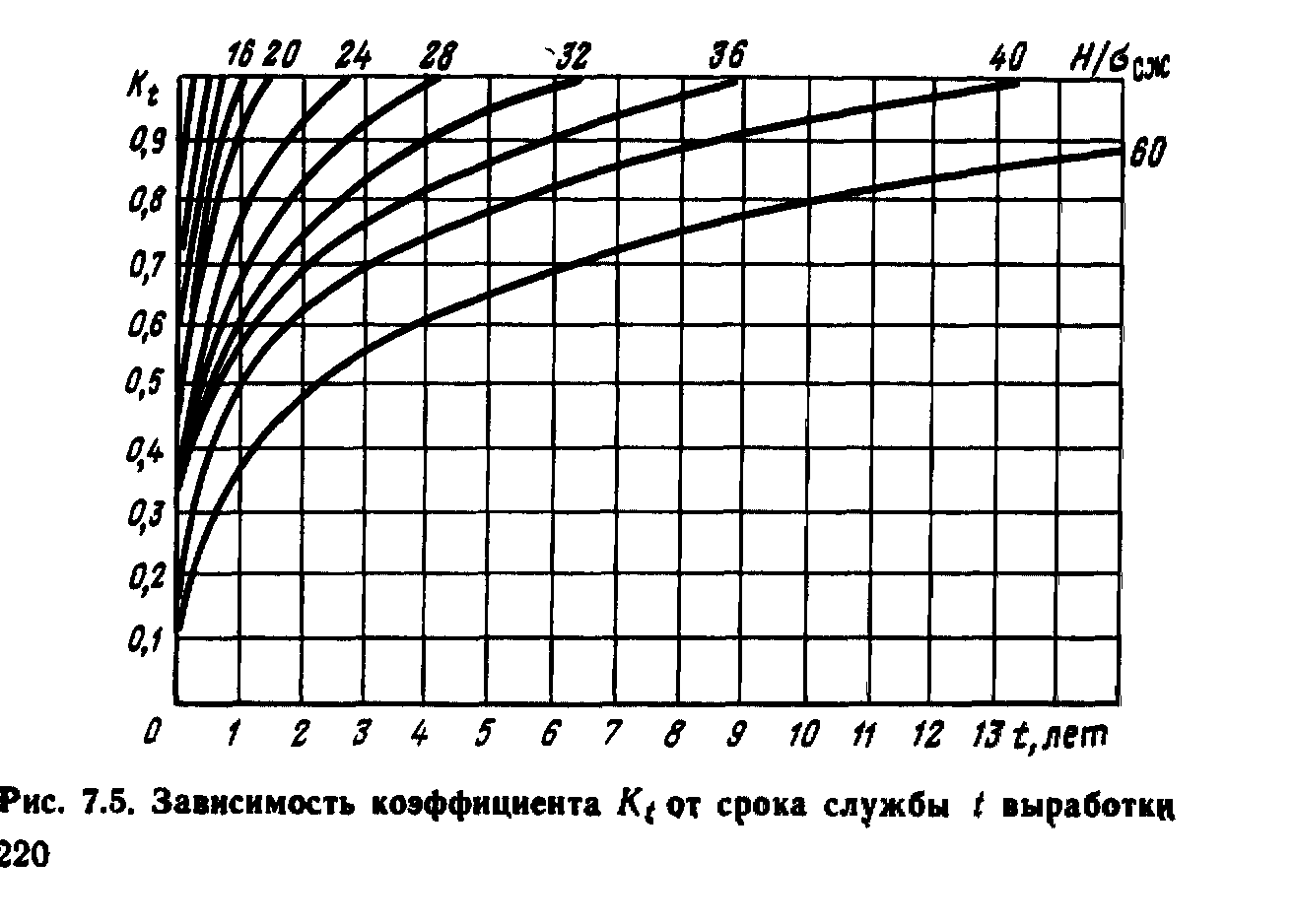
**Таблица 2 - Определение коэффициента направления проходки выработок КL**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Направление  проходки  выработки | Коэффициенты Кα и Кθ в зависимости от угла падения пород α, град | | | | | | | | | |
| до 20 | | 21-30 | | 31-40 | | 41-50 | | более 50 | |
| Кα | Кθ | Кα | Кθ | Кα | Кθ | Кα | Кθ | Кα | Кθ |
| По простиранию | 1 | 0,35 | 0,95 | 0,55 | 0,8 | 0,8 | 0,65 | 1,2 | 0,6 | 1,5 |
| вкрест простирания | 0,7 | 0,55 | 0,6 | 0,8 | 0,45 | 0,95 | 0,25 | 0,95 | 0,2 | 0,8 |
| под углом к простиранию | 0,85 | 0,45 | 0,8 | 0,65 | 0,65 | 0,9 | 0,45 | 1,05 | 0,35 | 1,1 |

Кt- коэффициент влияния времени, принимаемый равным 1 для выработок, срок службы которых более 15 лет, и по графикам 2, 3.



**Рис. 2 - Графики для определения коэффициента Кt при сроке службы выработки более года**



**Рис. 3 - Графики для определения коэффициента Кt при сроке службы выработки менее года**

Согласно Инструкции ВНИМИ расчетная нагрузка *P* на крепь выработок как вне зоны влияния очистных работ, так и в зоне влияния очистных работ определяется исходя из расчетной величины смещений пород кровли, почвы и боков выработки. Плотность *n* установки рам металлической податливой крепи на 1 м длины выработки определяют из выражения:

(3)

где *P* – расчетная нагрузка, к*Н*:

*P*н – несущая способность (сопротивление) рамы, к*Н*.

Инструкцией предлагается паспортную плотность установки крепи принимать по ближайшему значению числа рам *n* на 1 м длины выработки в ряду: 0,8; 1; 1,25; 1,33; 1,43; 1,67; 2; 2,25; 2,5; 2,67; 3; 4. Предельной плотностью податливой металлической рамной крепи рекомендуется считать 3 рамы/м. Методика определения смещений пород в горных выработках, охраняемых различными способами и испытывающих влияние очистных работ, изложена в Инструкции.

Нормативные нагрузки на незамкнутую крепь определяют по графикам рис 4 в зависимости от смещений пород U и ширины выработки в проходке. Если свойства пород в боках выработки различны, то ожидаемые смещения U и определяемые по смещениям нормативные нагрузки боковые нагрузки также будут отличаться друг от друга. В этом случае для дальнейших расчетов принимают усредненное значение нормативной нагрузки со стороны боков и нормативную нагрузку со стороны почвы.

Нормативные нагрузки на замкнутую крепь также определяются по графикам рис. 4 отдельно для кровли, почвы и боков. Усредненная вертикальная нагрузка определяется по значениям нормативных нагрузок со стороны кровли и почвы, усредненная горизонтальная нагрузка - по значениям нормативных нагрузок со стороны боков.

Расчетная нагрузка на 1 м выработки со стороны боков определяется по формуле:

(4)

где kп- коэффициент перегрузки, учитывающий изменчивость нагрузки (таблица 3);

kн- коэффициент, принимаемый для главных вскрывающих выработок равным 1,1; для остальных-1;

kпр- коэффициент условий проведения выработок, принимаемый равным 1 при проведении выработок буровзрывным способом. При комбай­новом способе проведения выработок принимается по таблице 4;

Рнв- нормативная вертикальная нагрузка.

Если свойства пород в боках выработки различны, то ожидаемые смещения U и определяемые по смещениям нормативные нагрузки боковые нагрузки также будут отличаться друг от друга.

**Таблица 3 - Значения коэффициента kп**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| U, мм | значения **kп** для выработок | |
| вскрывающих | Подготавливающих |
| до 50 | 1,25 | 1,1 |
| 51-200 | 1,1 | 1,05 |
| 201-500 | 1,05 | 1 |
| более 500 | 1 | 1 |

**Таблица 4 - Значения коэффициента kпр**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Нр/Rc** | до 16 | более 16 до 20 | более 20 до 25 | более 25 |
| **kпр** | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,1 |

Расчетная нагрузка на 1 м выработки со стороны боков определяется по формуле:

(5)

где Рнб- нормативная горизонтальная нагрузка, кПа.

**В=6 м**

**В=5 м**

**В=4 м**

**Рис. 4 – Графики определения нормативной нагрузки на крепь**

**Результаты и обсуждение.** Технический результат заключается в повышении эффективности крепления шахтного ствола за счет конструкции, включающей в себя кольцевую крепь, размещённую в специальной нише ствола, закрепленную анкерами. Для предотвращения вывалов породы, устанавливается сетка, в местах геологических нарушений дополнительно применяется набрызгбетонная крепь [6].

В пройденном участке устья ствола монтируется подвесной проходческий полок, для чего предусматривается установить временное перекрытие для монтажа проходческого полка.

Крепление участка устья ствола производится монолитным железобетоном с помощью инвентарной опалубки с рабочей высотой 0,9÷1,0 м

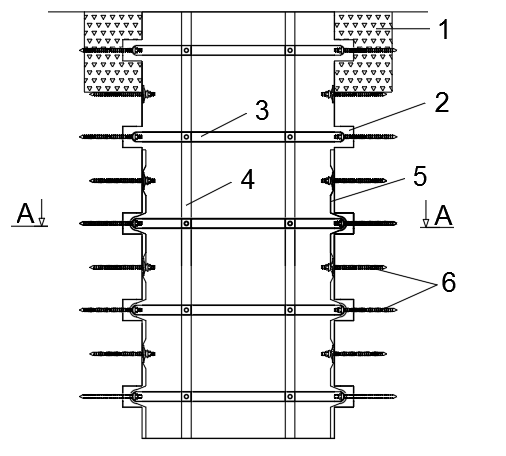
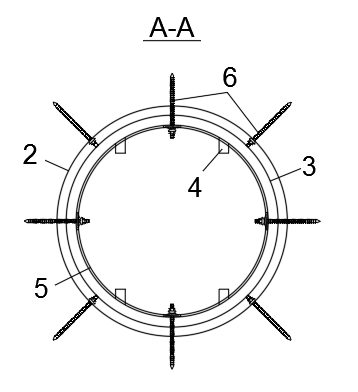
Постоянная крепь пройденного ранее участка устья ствола возводится после сооружения опорного венца снизу-вверх. Бетон подается за опалубку по временным ставам бетонопроводов, подвешенными на лебедках забойного бетонопровода. Для равномерной укладки бетона по всему периметру ствола на концы бетонопроводов навешиваются гибкие гофрированные рукава необходимого диаметра.

По мере возведения постоянной крепи временную крепь демонтируют и извлекают на поверхность. ***Бетонированию*** подлежат боковые породы за контуром постоянной железобетонной крепи на устье ствола [7].

Кольцевая крепь представляет собой разновидность рамной крепи с замкнутым контуром, состоящей из отдельных колец, установленных вдоль выработки вразбежку и связанных между собой при помощи стяжек (подвесок) или распорок, и применяемой в горизонтальных, наклонных и вертикальных выработках при наличии всестороннего смещения массива горных пород. Кольцевую крепь классифицируют по площади сечения выработок (от 6,5 до 20,1 м), по конструктивному исполнению (жесткие, шарнирные и податливые) и применяемому прокату и марке стали [8].

Устье ствола 1 бетонируется. В месте монтажа кольцевой крепи выбирается ниша 2 диаметром не менее R+300 мм, где R – диаметр ствола. В нишу устанавливается кольцевая крепь 3. Кольцевая крепь между собой соединена при помощи стальных расстрелов и проводников 4 [9].

Далее устанавливается пластиковая либо металлическая сетка 5 (для предотвращение осыпаний), после чего производится крепление анкерами 6, как кольцевой крепи, так и межрамного пространства (Рисунок 3).

**Рис. 3 - Разработанная технология крепления ствола**

Процесс установки анкеров включает несколько этапов, таких как бурение шпуров, подготовка раствора, наполнение шпуров раствором и закладка арматурных стержней. Расположение шпуров для установки штанг должно соответствовать указаниям в паспорте крепления.

При установке анкеров через металлическую сетку, которую необходимо закрепить в углублениях породного обнажения, допускается отклонение расстояния между анкерами до 30 %.

Для обеспечения надежного сцепления цементно-песчаного раствора с породой в стенках шпуров, необходимо тщательно продуть шпуры сжатым воздухом или промыть их водой с целью полного удаления буровой мелочи и пыли.

Цементно-песчаный раствор для анкеров готовят с использованием растворомешалки или вручную, после чего подают в шпур при помощи пневмонагнетателя сжатым воздухом через резиновый шланг и металлическую трубу диаметром 18-25 мм. Длина трубы должна быть не меньше глубины шпура. Трубку вводят в шпур до его забоя, и в процессе заполнения шпура раствором её постепенно вытаскивают из шпура [10].

Процедура заполнения шпура раствором должна обеспечивать полное закрепление анкера по всей его длине.

**Выводы.** Проведенный анализ технических и технологических решений крепи и армировки стволов позволил сформулировать объект и предмет, область применения научных и практических результатов, а также сделать следующие основные выводы:

1. В вентиляционных стволах угольных шахт и рудников, отнесенных к I и II категории устойчивости, целесообразно применять ресурсосберегающую набрызгбетонную крепь. Она достаточно широко использовалась в нашей стране в 70-80 годы прошлого века. Однако в последние 20 лет для крепления стволов глубиной более 700 м в устойчивых породах применяется только монолитная бетонная крепь. Одной из причин такого положения является отсутствие эффективных технических и технологических решений жесткой армировки, адаптированных для применения в стволах, закрепленных набрызгбетоном.

2. Канатная армировка может успешно применяться в стволах с любым типом крепи, но с увеличением их глубины зачастую возникает необходимость увеличения диаметра ствола, также существенно возрастает масса направляющих канатов и натяжных устройств, что делает неэффективным ее применение.

3. Определена область применения кольцевой крепи с упрочняющей анкерной крепью в более склонных к ползучести аргиллитах. Для ее увеличения целесообразно применение цементных анкеров с ограниченной податливостью.

**Литература**

1. Геотехнология строительная: методические указания. -Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2017.

2.Технологический регламент (инструкция) по выбору типов и параметров крепей и технологии их возведения на Артемьевском месторождении – Караганда: ТОО «Mining Research Group», 2015.-108 с.

3.Бабец, Д.В. Применение метода группового учета аргументов к задаче оценки устойчивости горной выработки // Горный информационно-аналитический бюллетень. -2001. - №11. -С. 67-69.

4.Басакевич, С.В. Обоснование параметров безрасстрельной армировки вертикальных стволов на основе вероятностной оценки временных нагрузок: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / Басакевич Сергей Владимирович. - Новочеркасск, 2009. - 145 с.

5. Dahlin, T. The development of DC resistivity imaging techniques // Computers & Geosciences. – 2001. - Vol. 27. –P. 1019–1029. DOI [10.1016/S0098-3004(00)00160-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0098-3004(00)00160-6)

6. Бобачев, А.А. Электроразведка: пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей. Том II Малоглубинная электроразведка. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Бобачев А.А. и др. - М.: МГУ-2013. -123 с. ISBN: 978-5-904807-21-4

7. Груздев А.А., Науменко Д.А.,. Богданов П.С, Бобачев А.А., Шевнин В.А. Бесконтактное измерение электрического поля с помощью OHMMAPPER в условиях крайнего севера.// Электронный журнал "Георазрез", -2013. - № 01 (13). -С.1–23.

8. Loke M.H. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys.- URL : www.geotomosoft.com (Revision date : 27th August 2021)

9. Адушкин В.В.,Спивак А.А., Кожухов С.А., Кукушкин Ю.В. Резонансные особенности эсхаляции природного радона// Доклады РАН. – 2005. - Т.400 (3). - С.369-371.

**References**

1. Geotekhnologiya stroitel'naya: metodicheskie ukazaniya. -Donetsk: Donetskii natsional'nyi tekhnicheskii universitet, 2017. [in Russian]

2.Tekhnologicheskii reglament (instruktsiya) po vyboru tipov i parametrov krepei i tekhnologii ikh vozvedeniya na Artem'evskom mestorozhdenii – Karaganda: TOO «Mining Research Group», 2015.-108 s. [in Russian]

3.Babets, D.V. Primenenie metoda gruppovogo ucheta argumentov k zadache otsenki ustoichivosti gornoi vyrabotki // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. -2001. - №11. -S. 67-69. [in Russian]

4.Basakevich, S.V. Obosnovanie parametrov bezrasstrel'noi armirovki vertikal'nykh stvolov na osnove veroyatnostnoi otsenki vremennykh nagruzok: dis. ... kand. tekhn. nauk: 25.00.22 / Basakevich Sergei Vladimirovich. - Novocherkassk, 2009. - 145 s. [in Russian]

5. Dahlin, T. The development of DC resistivity imaging techniques // Computers & Geosciences. – 2001. - Vol. 27. –P. 1019–1029. DOI 10.1016/S0098-3004(00)00160-6 [in Russian]c

6. Bobachev, A.A. Elektrorazvedka: posobie po elektrorazvedochnoi praktike dlya studentov geofizicheskikh spetsial'nostei. Tom II Maloglubinnaya elektrorazvedka. Izd. 2-e, pererab. i dop. / Bobachev A.A. i dr. - M.: MGU-2013. -123 s. ISBN: 978-5-904807-21-4 [in Russian]

7. Gruzdev A.A., Naumenko D.A.,. Bogdanov P.S, Bobachev A.A., Shevnin V.A. Beskontaktnoe izmerenie elektricheskogo polya s pomoshch'yu OHMMAPPER v usloviyakh krainego severa.// Elektronnyi zhurnal "Georazrez", -2013. - № 01 (13). -S.1–23. [in Russian]

8. Loke M.H. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys.- URL : www.geotomosoft.com (Revision date : 27th August 2021)

9. Adushkin V.V.,Spivak A.A., Kozhukhov S.A., Kukushkin Yu.V. Rezonansnye osobennosti eskhalyatsii prirodnogo radona// Doklady RAN. – 2005. - T.400 (3). - S.369-371. [in Russian]

***Сведения об авторах***

Мусин Р. А. -PhD доктор, и.о. доцента, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: [R.A.Mussin@mail.ru](mailto:R.A.Mussin@mail.ru);

Асанова Ж.М. - PhD доктор, и.о. доцента, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: [zhanar-a@bk.ru](mailto:zhanar-a@bk.ru);

Байкенжин М. А. - PhD доктор, доцент, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: nailzamaliev@mail.ru

Альжанов Р.Х. - докторант группы ГДД-21, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: rushair@mail.ru.

***Information about the authors***

Musin R. A. - PhD, acting Associate Professor of the Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: R.A.Mussin@mail.ru;

Asanova Zh. M.- PhD, acting Associate Professor of the Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: zhanar-a@bk.ru;

Baikenzhin M. A.- candidate of technical sciences, associate professor of the Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: mbmqm@mail.ru;

Alzhanov R.H. - doctoral student group GDD-21 Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: [rushair@mail.ru](mailto:rushair@mail.ru).

ҒТАMР 52.35.29

**КӨМІР ҚАБАТЫНДАҒЫ ЖЕРАСТЫ ГАЗСЫЗДАНДЫРУ ҰҢҒЫМАЛАРЫНАН**

**ГАЗ ШЫҒУЫН АРТТЫРУ**

**М.С.Усенбеков🖂, Е.М. Мейрам, М.Н. Жумабеков, М. Рабатұлы, Т.К. Исабек**

Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан,

**🖂** Корреспондент-автор: [meirambek46@mail.ru](mailto:meirambek46@mail.ru)

Бұл жұмыста қабаттың газ шығуын арттыру үшін көмір қабатын гидравликалық айыру әдісін қолдану нәтижелері келтірілген. Бұл ретте диаметрі 93 мм және ұзындығы 40-80 метр ұңғымалар арқылы 300 атм аспайтын қысыммен пакерлер арқылы шахта суы айдалды. Гидравликалық айыру әдісіне дейін және одан кейін ұңғымалардың аузындағы өлшеулер көмір қабатынан газ шығуының орта есеппен 1,8 есе артқанын көрсетті.

**Түйін сөздер:** көмір қабаты, газ шығуы, гидравликалық айыру әдісі, шахта, ұңғыма, жарықшалар, метан.

**INCREASING THE GAS OUTPUT OF UNDERGROUND DEGASSING WELLS IN THE COAL SEAM**

**M.S..Usenbekov🖂, E.M. Meiram, M.N.Zhumabekov, M.Rabatuly, T.K.Isabek**

Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,

e-mail: [meirambek46@mail.ru](mailto:meirambek46@mail.ru)

This paper presents the results of the application of hydraulic fracturing of a coal seam to increase its gas recovery. At the same time, mine water was pumped through wells with a diameter of 93 mm and a length of 40-80 meters at a pressure of no more than 300 atm through packers. Measurements at the wellhead before and after hydraulic fracturing showed an increase in coal seam gas recovery by an average of 1.8 times.

**Keywords:** coal seam, gas release, hydraulic fracturing, mine, well, fractures, methane

**ПОВЫШЕНИЯ ГАЗООТДАЧИ ПОДЗЕМНЫХ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН В УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ**

**М.С.Усенбеков🖂, Е.М.Мейрам, М.Н.Жумабеков, М.Рабатұлы, Т.К.Исабек**

Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан,

е-mail: [meirambek46@mail.ru](mailto:meirambek46@mail.ru)

В данной работе приведены результаты применения гидроразрыва угольного пласта для повышения его газоотдачи. При этом через скважины диаметром 93 мм и длиной 40-80 метров под давлением не более 300 атм через пакеры закачивалась шахтная вода. Замеры на устье скважин до и после гидроразрыва показали увеличение газоотдачи угольного пласта в среднем в 1,8 раза.

**Ключевые слова:** угольный пласт, газовыделение, гидравлический разрыв, шахта, скважина, трещины, метан.

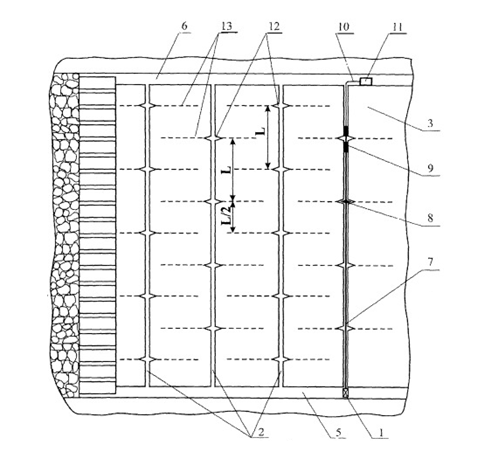
**Кіріспе.** Көмір қабаттарын игеру тереңдігінің артуымен газ-динамикалық құбылыстардың қаупі жоғарылап, кенжарға газ шығарудың артуы байқалады, бұл көмір өндіру қарқынын тежейді және тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін төмендетеді. Көмір метанның белгілі бір мөлшерін тиісті қысым мен температурада байланыстырылған күйде ұстай алады. Көмірден метанды алу сорбциялық тепе-теңдік бұзылған және газ ұңғымаларға қарай жылжитын көміртегі массивінің өткізгіштігі жоғарылаған жағдайда ғана мүмкін болады.

Әлемдік тәжірибеде газсыздандыруды қарқындату әдістерін талдау көмір қабаттарының газ шығару қабылетін өсіру үшін қабатты гидравликалық айыру әдісін (ҚГАӘ) жиі қолданылатынын көрсетеді [1,2,3,4]. ҚГАӘ процесінде пайда болған жарықшалар ұзындығы бірнеше ондаған метрге жетуі мүмкін, бір-бірімен және басқа жарықшалармен байланысып, массивтің өткізгіштігін едәуір арттырады. Бұл әдіс бүгінгі күнге дейін ұңғымалардан газ шығуын арттырудың ең тиімді әдісі болып табылады [5,6,7,8].

Шахта жағдайында гидравликалық айыру әдісі көмір қабатын газсыздандыру мерзімдерін азайту мақсатында және көмір қабаттарының алдын-ала газсыздандыру дәрежесін арттыру үшін қолданылады. Оның мәні көмір қабатында тау жыныстарының массивін ішінара түсіруге, онда тау жыныстарын газсыздандыру үшін сүзгі арналарын құруға арналған жарықтар жүйесін қалыптастырудан тұрады.

**Материалдар мен әдістер.** Қазіргі уақытта көмір қабатын игеру алдында конвейерлік және желдету штректері маңында бұрғыланған ұңғымалар арқылы алдын ала газсыздандыру жүргізіледі, содан кейін оларды 6 ай бойы вакуумдық сорғы станциясына қосады. Бұл әдістің кемшілігі ұңғымалардың қабырғалары арқылы ұңғыма маңындағы көмір қабатының өте кішкентай аймағынан газ шығарылады. Сондықтан көмір қабаттарынан газды бұл әдіспен алу тиімділігі осы жағдайларда қауіпсіз жұмысты қамтамасыз ету үшін жеткіліксіз [9]. Көмір қабатының газдылығын төмендетудің негізгі әдісі - газсыздандыру ұңғымаларын дайындық қазбаларынан қазба бағанының денесіне бұрғылау. Тәжірибе көрсеткендей, белсенді газ шығару кезеңі және жалпы газсыздандыру ұңғымасының тиімділігі өте аз, бұл қабаттың физика-механикалық қасиеттеріне байланысты. Көмір қабатын ұңғыма арқылы газ шығару процесін гидроайыру жарықшақтарын қалыптастыру арқылы оған қосымша әсер ету беттерін жасау арқылы күшейтуге болады. Көмір қабатының газ шығынын арттыру арқылы алдын ала газсыздандырудың тиімділігін арттыру үшін жақында көмір массивінің гидроайыруы қолданылады. Көмір қабатын ұңғыма арқылы газ шығару процесін гидроайыру жарықтарын қалыптастыру арқылы оған қосымша әсер ету беттерін жасау арқылы күшейтуге болады.

Гидравликалық айыру әдісін орындау үшін арнайы бұрғыланған жерасты ұңғымаларын қолданады. Станок 1 (1-сурет) бұрғыланған көмір массивіндегі 3 ұңғымаларды 2 контурлау қазбаларынан тазарту кенжарына 4 параллель бұрғылайды, мысалы, конвейер штрегінен 5 желдету штрегіне 6 дейін. Содан кейін конвейерлік штрек 5 жағынан ұңғымада 2 бұрғылау қондырғысы бар жабдықты 7, тығыздағыш 9 құрылғысы бар саңылаутүзгішті 8 монтаждау жүргізіледі. Икемді құбыр 10 арқылы тығыздағыш құрылғы 9 желдеткіш штректе 6 орналасқан сорғы станциясына 11 қосылады. Әрі қарай, конвейер штрегінің 5 жағында бастаушы саңылаулар 12 кесіліп, тығыздағыш құрылғы 9 бен саңылау түзгіштің 8 ұзындығының қосындысына тең әрі L-қадаммен саңылаулар түзеді. Бұл әрбір келесі бастау саңылауын 12 кесу кезінде әрбір алдыңғы саңылаутүзушіні тығыздауға және айыруға мүмкіндік береді, бұл саңылаутүзушіні кесу және гидроайыру операцияларын біріктіруге мүмкіндік береді. Сорғы станциясының 11 кесілген инициативті саңылауларын 12 икемді құбыр 10 арқылы қысыммен тығыздағыш құрылғыға 9 айыру үшін жұмыс сұйықтығы беріледі - инициативті саңылау 12 орналасқан ұңғыма аймағы тығыздалады. Тығыздағыш құрылғы 9 орнатылған қысым деңгейінен асып кеткен кезде, жұмыс сұйықтығы инициативті саңылауға 12 жіберіледі және гидроайыру жарықшақтары пайда болады.



**1-сурет - Гидравликалық айыру әдісімен газдың шығыуын ұлғайту схемасы:**

*1-станок; 2-ұңғыма; 3-көмір массиві; 4-тазарту кенжары; 5-конвейер штрегі; 6- желдету штрегі; 7-бұрғылау қондырғы; 8-саңылау түзгіш; 9-тығыздағыш құрылғы; 10-құбыр; 11-сорғы станциясы; 12-инициативті саңылау; 13-гидроайыру жарықшақтары; L-саңылау түзгіштер аралығы*

Көмір массивін 3 гидроайыру бойынша жұмыстар аяқталғаннан кейін бірінші ұңғыманың 2 бүкіл ұзындығы бойынша оған іргелес келесі ұңғымадағы 2 ұқсас жұмыстарға ауысады, бұл ретте инициативті саңылауларды 12 кесу сол әдіспен және L кесу қадамымен жүргізіледі. Алайда, кейінгі ұңғымадағы 2 инициативті саңылауларды 12 кесу алдыңғы ұңғыманың 2 инициативті саңылауларына 12 қатысты кесу қадамын инициативті саңылаулар 12 арасындағы қашықтықтың жартысына тең шамаға ауыстыра отырып жүзеге асырылады. Осылайша, іргелес ұңғымалардың көмір массивінің гидроайыру жарықшақтары 13 арасындағы қашықтық екі есе азаяды және L/2-ге (1-сурет) тең болады, сондықтан көмір массивінің әсер ету аймағы екі есе көп болады, бұл көмір қабатын кейінгі газсыздандыру тиімділігін арттырады.

Кейінгі ұңғымалар 2 бірдей ретпен өңделеді. Бұл ретте бұрғыланған ұңғымаларда оның бүйір бетіндегі инициативті саңылаулар кесіледі, ұңғыманың үзілу аралығы арнайы пакермен тығыздалады, содан кейін көмірде жарықшақтар пайда болуы үшін қысыммен суды үзіліс аралығына айдайды. Бұл жағдайда инициативті саңылауды кесу кезінде пайда болған көмір бөлшектері ұңғыманың үзілу аралығында ұсталады, айдалатын сумен араластырылады және алынған суспензия жарықшаққа айдалады. Техникалық нәтиже - газды көмір қабаттарын газсыздандыру тиімділігін арттыру болып табылады.

Гидравликалық айыру әдісі диаметрі 93 мм, ұзындығы 40-80 метр ұңғымаларда іске асырылды. Гидравликалық айыру ұңғымалары мен газсыздандыру ұңғымалары судың айыру процесі тоқтағаннан кейін газсыздандыру желісіне қосылды. ҚГАӘ-ның тиімділігі метанның шығуының өсуіне дейін және одан кейін өлшенген дебиттерін салыстыру арқылы анықталды. Сонымен қатар, «Казахстанская» шахтасында қабат ұңғымаларын газсыздандыру желісіне қосу 10 ұңғымадан блокпен жүргізілді, онда ҚГАӘ қолданумен немесе қолданусыз аудандарда метан дебиттеріне салыстыру жүргізілді.

Қабатты гидравликалық айыру сорғының көмегімен шамамен 16 МПа қысыммен айдалатын жұмыс сұйықтығымен жүзеге асырылады. Жұмыс сұйықтығы ретінде шахта су құбырының суы қолданды [10].

Қабатты гидравликалық айыру сұйықтықтың берілген көлемін қабатқа айдағаннан кейін немесе оның штрек қабырғасында пайда болғаннан кейін тоқтатылады. Көмір қабатын газсыздандыру схемасы суретте келтірілген.

ҚГАӘ бойынша жұмыстардың құрамына мынадай негізгі операциялар кіреді:

- ҚГАӘ өндірісіне дейін ұңғымалардан метан дебитін өлшеу;

- сорғы жабдығын ұңғымаға қосқанға дейін сынау;

- жабдықты 16 МПа астам қысыммен престеу;

- жұмысқа сорғы жабдықтарын қосу;

- айдау қысымын, пакердегі қысымды және жұмыс сұйықтығын айдау көлемін бақылау.

Қолданылатын құрал-жабдықтар:

1. Су айдауға арналған сорғы УНИ:

- 50 л/мин су шығымы;

- максималды қысымы 30 Мпа;

- қозғалтқыштың қуаты 18,5 кВт;

2. ПМО-2У пакері, диаметрі 90 мм, өту тесігі 50 мм.

Герметизатор дайындалған жұмыс ұңғымасында іске қосылады, ол гидравликалық арматура арқылы сорғыға қосылады. Содан кейін бүкіл жүйені жұмыс сұйықтығымен толтыру және ұңғымадағы герметизатордың алдын ала аралығы (кемінде 7 МПа) жүзеге асырылады, содан кейін жұмыс сұйықтығы айдалады. Сұйықтықты ұңғымаға айдау процесі қысым (әдетте 16 МПа) кем дегенде 10 минут тұрақтанғанға дейін жалғасады. Жұмыс процесі мыналарды қамтиды:

- ұзындығы 40-80 метр ұңғыманы бұрғылау.

- пакерді КГА ұңғымасына орнату.

- сұйықтықты қабатқа айдау.

- ҚГАӘ өндірісі.

- сұйықтық беруді өшіру және пакердегі қысымды босату.

- сакерді жылжыту.

- жабдықты бөлшектеу.

- келесі ұңғымаға өту.

Ұңғымаларды бұрғылау 332 Д6-1в конвейерлік штрек арқылы 20 метрден кейін 24 дана көлемінде жүргізілді. Қабаттық газсыздандырудың көтеріліс ұңғымасын бұрғылау 8 метрден кейін жүргізілді, олардың арасында, яғни 4 метрден кейін алдын ала газсыздандыру ұңғымалары арасынан ҚГАӘ өндіру үшін ұңғыманы қосымша бұрғылау жүргізілді.

Гидравликалық айыру жұмыстарына дейін және кейін қабат газсыздандыру ұңғымаларында метан дебитін өлшеу жүргізіліп және ол кестеде көрсетілді:

**1-кесте - Ұңғымалардағы газ дебиттері**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Блок нөмірі | Метан дебиті, м3/мин | | Қосымша |
| ҚГАӘ-ға дейін | ҚГАӘ-ға кейін |
| 11 (10 ұңғыма) | 0,05 | 0,11 | 2,2 есе артты |
| 17 (10 ұңғыма) | 0,12 | 0,19 | 1,6 есе артты |
| 19 (10 ұңғыма) | 0,09 | 0,15 | 1,7 есе артты |
| 24 (10 ұңғыма) | 0,15 | 0,15 | ҚГАӘ өндіріс аймағынан тыс |
| 17 блоктағы ҚГАӘ ұңғымасы (ұзындығы 65 метр) | - | 0,11 | Бір ұңғымадағы дебит |

Өлшеу әр блокта орнатылған диафрагмаларда жүргізілді, сондықтан өлшеу әр ұңғымада емес, 10 ұңғыма көлемінде жүргізілді.

**Нәтижелер мен талқылау**. Гидравликалық айыру әдісіне дейін және одан кейін ұңғымалардың аузындағы өлшеулерден көмір қабатынан газ шығуының біршама өзгергенін байқауға болады. Кестеден көріп отырғанымыздай, ұңғымалардан газ шығуы орта есеппен 1,8 есе өсті. Мұндай нәтиже өнімділіктің өсуімен және алдын ала газсыздандыру мерзімінің екі есеге азаюымен көмір қабатын қауіпсіз өңдеуге мүмкіндік береді.

**Қорытынды**. Жұмыста келтірілген нәтижелер «Qarmet» АҚ Көмір департаментінің «Қазақстан» шахтасында Д-6 көмір қабатын гидравликалық айыру әдісімен газсыздандыру тиімділігін көрсетті. Қалыпты алдын ала газсыздандырудан қарағанда метанның шығыуы 1,8 есеге артты. Бұл кенжарды пайдалануға беру мерзімін қысқартады және оның өнімділігін екі есеге арттырады. Бұл әдіс Қарағанды бассейнінің көмір қабаттарын алдын ала газсыздандыру кезінде сәтті қолданылуы мүмкін.

**Әдебиеттер**

1. Сластунов С.В., Ютяев Е.П., Обоснованный выбор технологии пластовой дегазации для обеспечения безопасности подземных горных работ при интенсивной добыче угля. - С.-Петербург // Записки горного института. - 2017. –Т. 223. -С. 125-130.

2. Sampath K.H.S.M., Perera M.S.A., Ranjith P.G. [Theoretical overview of hydraulic fracturing break-down pressure](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36246454). //[Journal of Natural Gas Science and Engineering](https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=36193257). - 2018. -Vol.58. -P. 251-265. DOI 10.1016/j.jngse.2018.08.012

3. Guo J., Lu Q., Chen H., Wang Z., Chen L., Tang X. Quantitative phase field modeling of hydraulic fracture branching in heterogeneous formation under anisotropic in-situ stress // Journal of Natural Gas Science and Engineering. -2018. - Vol. 56. - P. 455-471. DOI 10.1016/j.jngse.2018.06.009

4. Naik S., Yang S., Bedrikovetsky P., Woolley M. [Analytical modelling of the water block phenomenon in hydraulically fractured wells](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39079623) //[Journal of Natural Gas Science and Engineering](https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=38968500). -2019. -Vol. 67. - P 56-70. DOI 10.1016/j.jngse.2019.04.018

5. [Burlutskii](https://www.semanticscholar.org/author/E.-Burlutskii/95483801) E. [An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41989566) //[Journal of Natural Gas Science and Engineering](https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=41980244). -2019. - Vol. 62. - P. 94 -301. DOI 10.1016/j.jngse.2018.12.017

6.Zhang Li , Zhang Hui, Guo Hao A case study of gas drainage to low permeability coal seam// International Journal of Mining Science and Technology. – 2017. –Vol. 27(4). - P. 687-692 [DOI 10.1016/j.ijmst.2017.05.014](https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.05.014)

7.Сластунов С.В., Ютяев Е.П., Мазаник Е.В., Садов А.П., Понизов А.П. Обеспечение метанобезопасности шахт на основе глубокой дегазации угольных пластов при их подготовке к интенсивной разработке// Уголь. – 2019. - № 7. -С. 42-47.

8. Yutyaev E.,Mazanik E., Slastunov S., Batugin A .Methodology for the Selection of In-Seam Gas Drainage System for Intensive and Safe Coal Mining Synops // E3S E3S Web Conf.2019. -2019. - Vol.105, 01032. DOI 10.1051/e3sconf/201910501032

9.Коликов К.С., Сластунов С.В., Мазаник Е.В. Повышение эффективности дегазации при высокопроизводительной выработке угольных пластов.// Безопасность Труда в Промышленности. -2019. -№1. - C. 71-76.

10. Сластунов С.В., Мазаник Е.В., Комиссаров И.А., Хаутиев А.М. Выявление рациональных параметров технологии подземного гидроразрыва в части оптимизации темпа нагнетания рабочей жидкости //Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ). -2018. - № 9. - C. 90-95. DOI 10.25018/0236-1493-2018-9-0-90-96

**References**

1. Slastunov S.V., Yutyaev E.P., Obosnovannyi vybor tekhnologii plastovoi degazatsii dlya obespecheniya bezopasnosti podzemnykh gornykh rabot pri intensivnoi dobyche uglya. - S.-Peterburg // Zapiski gornogo instituta. - 2017. –T. 223. -S. 125-130. [in Russian]

2. Sampath K.H.S.M., Perera M.S.A., Ranjith P.G. [Theoretical overview of hydraulic fracturing break-down pressure](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36246454). //[Journal of Natural Gas Science and Engineering](https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=36193257). - 2018. -Vol.58. -P. 251-265. DOI 10.1016/j.jngse.2018.08.012

3. Guo J., Lu Q., Chen H., Wang Z., Chen L., Tang X. Quantitative phase field modeling of hydraulic fracture branching in heterogeneous formation under anisotropic in-situ stress // Journal of Natural Gas Science and Engineering. -2018. - Vol. 56. - P. 455-471. DOI 10.1016/j.jngse.2018.06.009

4. Naik S., Yang S., Bedrikovetsky P., Woolley M. [Analytical modelling of the water block phenomenon in hydraulically fractured wells](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39079623) //[Journal of Natural Gas Science and Engineering](https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=38968500). -2019. -Vol. 67. - P 56-70. DOI 10.1016/j.jngse.2019.04.018

5. [Burlutskii](https://www.semanticscholar.org/author/E.-Burlutskii/95483801) E. [An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41989566) //[Journal of Natural Gas Science and Engineering](https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=41980244). -2019. - Vol. 62. - P. 94 -301. DOI 10.1016/j.jngse.2018.12.017

6.Zhang Li , Zhang Hui, Guo Hao A case study of gas drainage to low permeability coal seam// International Journal of Mining Science and Technology. – 2017. –Vol. 27(4). - P. 687-692 [DOI 10.1016/j.ijmst.2017.05.014](https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.05.014)

7.Slastunov S.V., Yutyaev E.P., Mazanik E.V., Sadov A.P., Ponizov A.P. Obespechenie metanobezopasnosti shakht na osnove glubokoi degazatsii ugol'nykh plastov pri ikh podgotovke k intensivnoi razrabotke// Ugol'. – 2019. - № 7. -S. 42-47. [in Russian]

8. Yutyaev E.,Mazanik E., Slastunov S., Batugin A .Methodology for the Selection of In-Seam Gas Drainage System for Intensive and Safe Coal Mining Synops // E3S E3S Web Conf.2019. -2019. - Vol.105, 01032. DOI 10.1051/e3sconf/201910501032

9.Kolikov K.S., Slastunov S.V., Mazanik E.V. Povyshenie effektivnosti degazatsii pri vysokoproizvoditel'noi vyrabotke ugol'nykh plastov.// Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti. -2019. -№1. - C. 71-76. [in Russian]

10. Slastunov S.V., Mazanik E.V., Komissarov I.A., Khautiev A.M. Vyyavlenie ratsional'nykh parametrov tekhnologii podzemnogo gidrorazryva v chasti optimizatsii tempa nagnetaniya rabochei zhidkosti //Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (GIAB). -2018. - № 9. - C. 90-95. DOI 10.25018/0236-1493-2018-9-0-90-96 [in Russian]

***Авторлар туралы мәліметтер***

Усенбеков М.С.- т.ғ.к., аға оқытушы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеттінің Қарағанды, Қазақстан, e-mail: [meirambek1946@mail.ru](mailto:meirambek1946@mail.ru);

Мейрам Е.М. – т.ғ. бакалавры, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеттінің магистранты, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: [erasyl290600@gmail.com](mailto:erasyl290600@gmail.com);

Жумабеков М. Н. - т.ғ.м., аға оқытушысы Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, ПКОҚӨ кафедрасының, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: [marat\_zhumabekov@inbox.ru](mailto:marat_zhumabekov@inbox.ru);

Рабатұлы М. – Ph. D. докторы, доценттің міндетін атқарушы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: [mukhammedrakhym@mail.ru](mailto:mukhammedrakhym@mail.ru);

Исабек Т.К. - т.ғ.д., профессор, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің профессоры, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: tyiak@mail.ru

***Infоrmatiоn abоut the authоrs***

Usenbekov M.S - candidate of Technical Science, senior lecturer, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: [meirambek46@mail.ru](mailto:meirambek46@mail.ru);

Meiram E.M.- Bachelor of Engineering Science, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda,

Kazakhstan, e-mail: [erasyl290600@gmail.com](mailto:erasyl290600@gmail.com);

Zhumabekov M.N.- Master of Engineering Science, senior lecturer, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: [marat\_zhumabekov@inbox.ru](mailto:marat_zhumabekov@inbox.ru);

Rabatulу M.- Ph. D. докторы, associate professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: [mukhammedrakhym@mail.ru](mailto:mukhammedrakhym@mail.ru);

Isabek T.K.- doctor of technical sciences, professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: tyiak@mail.ru

МРНТИ 52.47.01

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ С ПОМОЩЬЮ ОЧИСТКИ НЕФТИ И ГАЗА ОТ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Г.А. Исенгалиева🖂, А.М. Балгынова, Ж.С. Саркулова, М.М. Темирханова**

Актюбинский региональный университет им.К. Жубанова, г.Актобе, Казахстан.

**🖂**Корреспондент-автор: [isengul@mail.ru](mailto:isengul@mail.ru)

Соединения серы по своему отрицательному воздействию на окружающую среду занимают одно из первых мест среди приоритетных загрязняющих веществ. Негативные последствия этого воздействия проявляются не только вблизи источников выбросов, но и на весьма значительных расстояниях от них. О влиянии техногенной эмиссии на степень загрязнения серой атмосферного воздуха свидетельствуют многие данные.

Данная работа посвящена способам эффективной очистки нефти и газа от серосодержащих соединений, влияния различных модифицированных адсорбентов на эффективность очистки, а также определен качественный состав получаемой серы - отхода сероочистки углеводородного сырья с целью дальнейшего использования в различных отраслях промышленности.

В этой статье рассматривается решение экологических проблем путем очистки нефти и газа от серосодержащих соединений. С целью применения экологически чистых возобновляемых местных источников энергии для очистки нефти и газа от сернистых соединений исследованы свойства гелиосиликата - отходов металлургического производства.

**Ключевые слова:** Нефть, экология, способы очистки, отходы, сероочистка, адсорбент, меркаптаны, сероводород, сера.

**SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS BY CLEANING OIL AND GAS FROM SULFUR-CONTAINING COMPOUNDS**

**G.A. Isengalieva🖂, A.M. Balgynova, Zh.S. Sarkulova, M.M. Temirkhanova**

Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

e-mail: [isengul@mail.ru](mailto:isengul@mail.ru)

In terms of their negative impact on the environment, sulfur compounds occupy one of the first places among priority pollutants. The negative consequences of this impact appear not only near emission sources, but also at very significant distances from them. Many data indicate the influence of technogenic emissions on the degree of sulfur pollution in atmospheric air.

This work is devoted to methods for effective purification of oil and gas from sulfur-containing compounds, the influence of various modified adsorbents on the purification efficiency, and also determined the qualitative composition of the resulting sulfur - a waste product from the desulfurization of hydrocarbon raw materials for the purpose of further use in various industries.

This article discusses the solution of environmental problems by cleaning oil and gas from sulfur-containing compounds. In order to use environmentally friendly renewable local energy sources to purify oil and gas from sulfur compounds, the properties of heliosilicate, waste from metallurgical production, have been studied.

**Keywords:** Oil, ecology, purification methods, waste, desulfurization, adsorbent, mercaptans, hydrogen sulfide, sulfur.

**ҚҰРАМЫНДА КҮКІРТІ БАР ҚОСЫЛЫСТАРДАН МҰНАЙ МЕН ГАЗДЫ ТАЗАРТУ АРҚЫЛЫ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРДІ ШЕШУ**

**Г.А. Исенгалиева🖂, А.М. Балгынова, Ж.С. Саркулова, М.М. Темирханова**

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан,

e-mail: [isengul@mail.ru](mailto:isengul@mail.ru)

Күкірт қосылыстары қоршаған ортаға теріс әсер етуі бойынша басым ластаушы заттардың арасында бірінші орында. Бұл әсердің теріс салдары тек шығарындылар көздерінің жанында ғана емес, олардан айтарлықтай қашықтықта да көрінеді. Көптеген деректер техногендік эмиссияның сұр атмосфералық ауаның ластану дәрежесіне әсерін көрсетеді. Бұл жұмыс құрамында күкірт бар қосылыстардан мұнай мен газды тиімді тазарту әдістеріне, әр түрлі модификацияланған адсорбенттердің тазарту тиімділігіне әсеріне, сондай - ақ өндірілетін күкірттің сапалық құрамы-өнеркәсіптің әр түрлі салаларында одан әрі пайдалану мақсатында көмірсутек шикізатын күкірт тазартудың қалдықтарына арналған.

Бұл мақалада мұнай мен газ құрамында күкірт бар қосылыстардан тазарту арқылы экологиялық мәселелерді шешу қарастырылған. Мұнай мен газды күкіртті қосылыстардан тазарту үшін экологиялық таза жаңартылатын жергілікті энергия көздерін қолдану мақсатында гелиосәулеленген алюмосиликаттың - металлургия өндірісінің қалдықтарының қасиеттері зерттелді.

**Түйінді сөздер:** Мұнай, экология, тазарту әдістері, қалдықтар, күкіртті тазарту, адсорбент, меркаптан, күкіртті сутегі, күкірт.

**Введение.** Наличие в основной массе углеводородного сырья большинства месторождений Западного Казахстана агрессивных серусодержащих соединений создают трудности при добыче, транспортировке, хранении и его переработке, что делает особо актуальной проблему обессеривания нефти и нефтепродуктов.

Под экологической безопасностью в качестве составной части национальной безопасности понимается состояние защищенности прав и жизненно важ-ных интересов человека, общества и государства от угроз, возникающих в результате антропогенных и природных воздействий на окружающую среду [1]. Необходимым элементом процесса обеспечения экологической безопасности в стране является определение и управление экологическими и другими рисками. Экологический риск – это оценка вероятности появления негативных изменений в окружающей природной среде на всех уровнях, от точечного до глобального, вызванных антропогенным или иным воздействием.

В процессах очистки нефти и серусодержащих газов образуется, в результате их окисления по общепринятой технологии, элементарная сера. Даже с учетом частичной реализации, запасы серы продолжают увеличиваться. Серные терриконы являются возрастающей угрозой экологической безопасности региона.

Сероводород – весьма нежелательный спутник сернистых нефтей, освобождение от которого требует значительного расхода реагентов, строительства специальных установок и т.д. Он может присутствовать в попутном газе, сопровождающем сернистые нефти, в растворенном состоянии в самих нефтях, в продуктах первичной перегонки нефти (газах, бензиновых дистиллятах и других светлых нефтепродуктах) или в продуктах вторичных термических процессов (термический и каталитический крекинг, каталитический риформинг, гидроочистка и др.) [2-3].

Одним из экологически неблагоприятных районов Актюбинской области с загрязненным атмосферным воздухом и почвенно-растительным покровом является территория Жанажольского нефтегазового месторождения. По данным наблюдений концентрация диоксида азота в атмосферном воздухе месторождения превышает предельно допустимые концентрации в 1,5 раза. Основными источниками загрязнения служат сырая нефть, буровой шлам, нефтяной газ. К загрязняющим химическим веществам [4] относятся сероводород, оксиды серы, азота, углерода, меркаптаны.

Существенной проблемой является и наличие сероводорода на месторождениях Жанажол и Тенгиз. Отсутствие механизмов обработки и применения серы ведет к серьезным экологическим неувязкам. Наибольшую известность приобрели скопления серы, получаемые при очистке нефти. При годовой производительности 3 млн. тонн стабильной сырой нефти ежедневно вырабатывается около 1000 тонн серы. Неизбежным следствием этого является техногенное воздействие скопившейся элементарной серы и сероводорода на объекты окружающей среды.

В целях применения экологически чистых возобновляемых локальных источников энергии для очистки нефтяного газа были исследованы свойства облученного гелиоизлучением алюмосиликата - отхода металлургического производства.

Адсорбционные свойства алюмосиликата испытывались в химической лаборатории Жанажольского газоперерабатывающего завода. Изучены свойства трех образцов адсорбента: 1- контроль (необработанный), 2- обработанный гелиоизлучением в обычной стеклянной трубке, 3- обработанный гелиоизлучением в кварцевой трубке (таблица 1).

Сероводород и меркаптаны в нефтяном газе определяли йодометрическим методом, суть которого заключается в поглощении сероводорода и меркаптанов из газов подкисленными растворами CdCl2 и последующем йодометрическом титровании образовавшегося CdS.

За исходный был взят газ с концентрацией сероводорода 31 г/м3.

**Материалы и методы.** Пробу испытуемого газа из пипетки вытесняли 10-15-кратным объемом вытеснительного газа через поглотительные склянки. В начале продувки устанавливали скорость газа 1-2 пузырька в секунду. Когда основная часть газа была вытеснена в раствор, скорость постепенно увеличивали до 20 дм3/ч.

После окончания пропуска газа анализировали содержимое поглотительных склянок. Содержимое первой поглотительной склянки переводили количественно в коническую колбу для титрования, тщательно ополаскивали стенки и трубки склянки дистиллированной водой и сливали ее в ту же колбу.

В колбу пипеткой приливали 10 см3 раствора йода рекомендуемой концентрации и, убедившись в его избытке по бурой окраске раствора, титровали избыток йода раствором тиосульфата натрия Na2S2O3 соответствующей концентрации до светло-желтого цвета. Затем приливали 1 см3 раствора крахмала и продолжали титровать до исчезновения синей окраски.

Содержимое второй поглотительной склянки анализировали аналогично содержанию первой.

Параллельно с проведением анализа пробы испытуемого газа проводили контрольный опыт так же, как описано выше, но без пропускания газа.

Обработка результатов

Концентрацию сероводорода в газе X, г/м3, вычисляли по формуле:

г/м3 (1)

где V- объем титрованного раствора Na2S2O3, израсходованный на титрование поглотительного раствора без пропускания газа (контрольный опыт), см3;

V1- объем титрованного раствора Na2S2O3, израсходованный на титрование поглотительного раствора после пропускания испытуемого газа, см3;

V2 – объем газа, измеренный газовым счетчиком, дм3;

С – концентрация титрованного раствора Na2S2O3, моль/ дм3;

К – коэффициент приведения объема газа к стандартным условиям – температуре 20 0С и давлению 101, 325 кПа;

17 – масса сероводорода, соответствующая 1 см3 титрованного раствора Na2S2O3 концентрации точно 1 моль/ дм3, мг.

Было пропущено 0,5 дм3 нефтяного газа. После пропускания газа через склянки с сорбентами № 2 и 3 наблюдалось поглощение влаги в газе.

**Таблица 1 - Содержание сероводорода в газе при пропускании через алюмосиликат**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Образец алюмосиликата | № поглотительной склянки | Концентрация H2S, г/м3 |
| №1 Контроль-необработанный | 1 | 16,4 |
| 2 | 3,2 |
| 3 | 2,5 |
| №2 Обработанный в обычном стекле | 1 | 15,83 |
| 2 | 2,2 |
| 3 | 1,36 |
| №3 Обработанный в кварце | 1 | 13,2 |
| 2 | 0,17 |
| 3 | 0,068 |

Как следует из таблицы 1, после пропускания газа через склянку с адсорбентом №3 содержание сероводорода было меньше, что свидетельствует о положительном эффекте от облучения адсорбента солнечным излучением.

Таким образом, использование для активации алюмосиликата гелиоизлучение в обычном стекле позволило уменьшить содержание сероводорода в нефтяном газе в 23 раза, а в кварцевом стекле-до 456 раз.

# Далее были изучены поглотительная способность и сорбционная емкость углеродного адсорбента на основе рисовой шелухи для очистки газа и нефти от серосодержащих соединений.

Испытания проводились в химико-аналитической лаборатории Жанажольского газоперерабатывающего завода. Содержание сероводорода и меркаптанов в газе определяли при нормальных условиях по международному стандарту ISO 6326-4. За исходный был взят газ с концентрацией сероводорода 58,89 г/м3, меркаптанов 447 г/м3 (таблица 2).

*Проведение эксперимента.* Адсорбент массой 2 г помещали в колонку, нижнюю часть которой через резиновую трубку подсоединяли к газовому барабанному счетчику (тип ГСБ-400 кл, Р раб 5885 Па) для регулирования объема и скорости прохождения очищаемого газа. С другой стороны, к счетчику подключали пробоотборник с газом. Верхнюю часть колонки, через которую выходил очищенный газ, подсоединяли к хроматографу. Газ пропускали через нижнюю часть колонки со скоростью 1 л/мин.

Использование углеродного адсорбента позволило очистить 16 литров газа и значительно уменьшить содержание меркаптанов в нем (почти в 5 раз).

Содержание сероводорода и меркаптанов в нефти определяли с помощью газовой хроматографии по ГОСТ Р 50802-95. В качестве исходной была взята нефть плотностью 0, 8027 г/см3 (таблица 2).

*Проведение эксперимента.* Нефть объемом 500 мл со скоростью 60 капель/мин пропускали через слой адсорбента массой 5 г.

Применение углеродного адсорбента позволило уменьшить концентрацию низших меркаптанов в нефти в 3-10 раз и полностью очистить от сероводорода.

**Результаты и обсуждение.** Из результатов анализа следует, что углеродный адсорбент способен поглощать из газа и нефти сероводород и меркаптаны.

В работе были также проведены исследования применения модифицированного углеродного адсорбента для очистки бензина от меркаптанов. Модифицирование адсорбента проводилось 10 % растворами солей магния (MgCl2) и меди (CuCl2).

**Таблица 2 - Результаты очистки нефти с помощью углеродного адсорбента**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  Про-бы | Содержание, мг/л | | | | | |
| До очистки | | | После очистки | | |
| сероводород | метилмеркаптан | этилмеркаптан | сероводород | метилмеркаптан | этилмеркаптан |
| 1 | 46,62 | 55,57 | 283 | Отс. | 4,92 | 76,7 |
| 2 | 44,03 | 50,33 | 252 | Отс. | 4,68 | 65,6 |
| 3 | 45,89 | 54,45 | 281 | Отс. | 4,76 | 69,8 |

Очистка бензина от меркаптановой серы осуществлена в динамических условиях. В стеклянную колонку диаметром 10 мм помещали 1 г исследуемого адсорбента и пропускали бензин со скоростью 0,5 мл/мин. Пробы отбирались по 25 мл. В анализируемых фракциях определяли остаточное содержание меркаптановой серы потенциометрическим титрованием аммиакатом серебра.

1. Исходный адсорбент (углеродный). Пропущено через адсорбент 500 мл бензина с содержанием меркаптановой серы 0,0004 %. Поглощено 0,32 мг/г (0,01 мг-экв/г) (таблица 3).

**Таблица 3- Результаты очистки бензина от меркаптанов исходным углеродным адсорбентом**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № фракции | Остаточная меркаптановая сера, мг | Поглощение, мг/г | Поглощение, % |
| 1-14 | 0,056 | 0,019 | 25,34 |
| 15 | 0,075 | 0 | 0 |

2. Адсорбент, модифицированный CuCl2. Пропущено 500 мл бензина с содержанием меркаптановой серы 0,0003%. Поглощено 0,236 мг/г (0,007 мг-экв/г) (таблица 4).

**Таблица 4 - Результаты очистки бензина от меркаптанов углеродным адсорбентом, модифицированным CuCl2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № фракции | Остаточная меркаптановая сера, мг | Поглощение, мг/г | Поглощение, % |
| 1-7 | 0,0375 | 0,0185 | 33 |
| 8-15 | 0,045 | 0,011 | 19,6 |
| 16 | 0,056 | 0 | 0 |

3. Адсорбент, модифицированный MgCl2. Пропущено 350 мл бензина с содержанием меркаптановой серы 0,0006%. Поглощено 1,14 мг/г (0,034 мг-экв/г) (таблица 5).

**Таблица 5 - Результаты очистки бензина от меркаптанов углеродным адсорбентом, модифицированным MgCl2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № фракции | Остаточная меркаптановая сера, мг | Поглощение, мг/г | Поглощение, % |
| 1 | 0,0375 | 0,075 | 67 |
| 2-6 | 0,056 | 0,056 | 50 |
| 7-11 | 0,075 | 0,0375 | 33 |
| 12-18 | 0,093 | 0,0188 | 16,7 |
| 19 | 0,099 | 0 | 0 |

Как видно из таблицы 5, очистка идет эффективнее для первых фракций.

**Таблица 6 - Очистка бензина от меркаптанов углеродным адсорбентом**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Образец адсорбента | Количество  пропущенного бензина, мл | Исходное содержание меркаптанов в бензине, % | Эффективность поглощения,  мг/г (мг-экв/г) | Эффективность  поглощения  (макс.), % |
| Исходный | 500 | 0,0004 | 0,32 (0,01) | 25,3 |
| Модифицированный CuCl2 | 500 | 0,0003 | 0,236 (0,007) | 33 |
| Модифицированный MgCl2 | 350 | 0,0006 | 1,14 (0,034) | 67 |

Из экспериментальных данных следует, что наибольшее поглощение наблюдается для адсорбента, модифицированного MgCl2,– до 67 % (таблица 6).

Тенгизское (Атырауская область) и Жанажолское (Актюбинская область) месторождения нефти и газа характеризуются весьма высоким содержанием сернистых соединений. Объемы извлекаемого углеводородного сырья составляют десятки миллионов тонн в год [5,6].

Актуальным на пути к решению этой проблемы встает вопрос поиска материалов, пригодных для изготовления сорбентов, предназначенных как для сбора нефти с поверхности воды, так и очистки сточных промышленных вод [7].Основные требования к оптимальному сорбенту для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности воды таковы: наличие высокой нефтепоглощающей способности, возможность регенерации вместе с утилизацией собранной нефти, низкая стоимость и др. Основой таких веществ являются кремнийорганические соединения, обладающие высокими гидрофобными и сорбционными свойствами. Кремнийорганические соединения содержатся во многих материалах, в том числе и в тех, которые уже являются побочным результатом того или иного промышленного производства [8].

**Выводы.** Особенностью меркаптансодержащего нефтяного сырья является наличие в нем практически всего гомологического ряда меркаптанов, от самых токсичных метил- и этилмеркаптанов до высокомолекулярных с разветвленным строением. Поскольку для условий транспортировки и хранения сернистых нефтей достаточно удаления из них только сероводорода и суммы метил-, этилмеркаптанов [9], эта задача может быть успешно решена путем селективного извлечьния их щелочным раствором или селективным окислением меркаптанов молекулярным кислородом.

Таким образом, показано, что углеродный адсорбент эффективно поглощает из углеводородного газа такие агрессивные сернистые соединения, как сероводород и меркаптаны. Определена эффективность предложенного углеродного адсорбента при сероочистке нефти, применение которого позволило уменьшить концентрацию низших меркаптанов в 3-10 раз и полностью очистить от сероводорода [10-12] В результате проведенных экспериментов разработаны новые приемы подготовки активных адсорбентов для очистки нефтяных углеводородов от сернистых соединений, определена эффективность углеродного адсорбента при сероочистке нефти и природного газа.

**Литература**

1. Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI «Экологический кодекс Республики Казахстан» (с изменениями и дополнениями от 27.12.2021 г.) [Code of the Republic of Kazakhstan dated January 2, 2021№ 400-VI "Environmental Code of the Republic of Kazakhstan" (amended and supplemented on December 27, 2021)] /Батталова Ш.Б., Курбангалиева Г.В., Сакиева З.Ж. О сероочистке нефтей и нефтепродуктов // Нефть и газ. -2001. -№2. -С. 46-56.
2. Киреев М.А., Надиров Н.К. Экологические проблемы нефтедобывающей отрасли Казахстана и пути их решения // Нефть и газ Казахстана. -1998. -№ 4. -С. 59-62.
3. Архипова О.В., Обухова С.А., Везиров Р.Р., Теляшев Э.Г. Использование природных минеральных сорбентов в прцессах очистки нефтепродуктов // Нефть и газ. - 2003. - №1. -С. 58-66.
4. Базарбаева С.М., Сарсенов А.М. Социально-экологические и экономические проблемы разработки месторождений нефти на Каспии // Сб. тр. Междунар. семинара: «Третьи Международные Надировские чтения». - Алматы, 2005. - С.436-439.
5. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу. -Л.: Химия, 1987. -192 с.
6. Пономарев В.Г., Иоакимис Э.Г., Монгайт И.Л. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. - М.: Химия, 1985. - 256 с.
7. Kudaybergenov K., Ongarbaev E., Mansurov Z., Comparison of the Adsorbent Performance between Carbonized Rice Husk and Abricot Stone According to their Structural Differences // 4 - th KKU International Engineering Conference (KKU - IENC 2012). - Thailand, 2012. - P. 127-129.
8. ГОСТ Р 51858-2002. Нефть. Общие технические условия. –Введ. 2002-01-08. –М: Стандартинформ. - 12 с.
9. Мазгаров А.М., Вильданов А.Ф., Сухов С.Н. и др. Новый процесс очистки нефтей и газоконденсатов от низкомолекулярных меркаптанов // Химия и технология топлив и масел,1996.- № 6.- С. 11–12.
10. Караулова Е.Н. Химия сульфидов нефти. - М.: Наука, 1970. - 202 с.
11. Zhadуrassyn Sarkulova, G. Lo Papa, Carmelo Dazzi, Farida Kozybaeva, Gulzhan Beiseyeva. Morphogenetic characteristics of chernozem leached in mining enterprises pollution conditions // EurAsian Journal of BioSciences. Eurasia J Biosci. -2019. –Vol. 13. – Iss. 2. - P. 1931-1941.
12. Abdirashit A., Makhambetov YE., Sarkulova Zh., Yerzhanov A. Large-scale laboratory tests for smelting medium-carbon ferromanganese using jezda manganese ore and simn17 silicomanganese fines// Metalurgija. -2023. –Vol. 62(1). -P. 139-141.

**References**

1. Kodeks Respubliki Kazakhstan ot 2 yanvarya 2021 goda № 400-VI «Ekologicheskii kodeks Respubliki Kazakhstan» (s izmeneniyami i dopolneniyami ot 27.12.2021 g.) [Code of the Republic of Kazakhstan dated January 2, 2021№ 400-VI "Environmental Code of the Republic of Kazakhstan" (amended and supplemented on December 27, 2021)] /Battalova Sh.B., Kurbangalieva G.V., Sakieva Z.Zh. O seroochistke neftei i nefteproduktov // Neft' i gaz. -2001. -№2. -S. 46-56. [in Russian]
2. Kireev M.A., Nadirov N.K. Ekologicheskie problemy neftedobyvayushchei otrasli Kazakhstana i puti ikh resheniya // Neft' i gaz Kazakhstana. -1998. -№ 4. -S. 59-62. [in Russian]
3. Arkhipova O.V., Obukhova S.A., Vezirov R.R., Telyashev E.G. Ispol'zovanie prirodnykh mineral'nykh sorbentov v prtsessakh ochistki nefteproduktov // Neft' i gaz. - 2003. - №1. -S. 58-66. [in Russian]
4. Bazarbaeva S.M., Sarsenov A.M. Sotsial'no-ekologicheskie i ekonomicheskie problemy razrabotki mestorozhdenii nefti na Kaspii // Sb. tr. Mezhdunar. seminara: «Tret'i Mezhdunarodnye Nadirovskie chteniya». – Almaty, 2005. - S.436-439. [in Russian]
5. Grushko Ya.M. Vrednye neorganicheskie soedineniya v promyshlennykh vybrosakh v atmosferu. – L.: Khimiya, 1987. -192 s. [in Russian]
6. Ponomarev V.G., Ioakimis E.G., Mongait I.L. Ochistka stochnykh vod neftepererabatyvayushchikh zavodov. - M.: Khimiya, 1985. - 256 s. [in Russian]
7. Kudaybergenov K., Ongarbaev E., Mansurov Z., Comparison of the Adsorbent Performance between Carbonized Rice Husk and Abricot Stone According to their Structural Differences // 4 - th KKU International Engineering Conference (KKU - IENC 2012). - Thailand, 2012. - P. 127-129.
8. GOST R 51858-2002. Neft'. Obshchie tekhnicheskie usloviya. –Vved. 2002-01-08. –M: Standartinform. - 12 s. [in Russian]
9. Mazgarov A.M., Vil'danov A.F., Sukhov S.N. i dr. Novyi protsess ochistki neftei i gazokondensatov ot nizkomolekulyarnykh merkaptanov // Khimiya i tekhnologiya topliv i masel. 1996 № 6 S. 11–12. [in Russian]
10. Karaulova E.N. Khimiya sul'fidov nefti. - M.: Nauka, 1970. - 202 s. [in Russian]
11. Zhadуrassyn Sarkulova, G. Lo Papa, Carmelo Dazzi, Farida Kozybaeva, Gulzhan Beiseyeva. Morphogenetic characteristics of chernozem leached in mining enterprises pollution conditions // EurAsian Journal of BioSciences. Eurasia J Biosci. -2019. –Vol. 13. – Iss. 2. - P. 1931-1941.
12. Abdirashit A., Makhambetov YE., Sarkulova Zh., Yerzhanov A. Large-scale laboratory tests for smelting medium-carbon ferromanganese using jezda manganese ore and simn17 silicomanganese fines// Metalurgija. -2023. –Vol. 62(1). –P. 139-141.

***Сведения об авторах***

Исенгалиева Г.А. - кандидат технических наук, доцент, Актюбинский Региональный университет им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан, e-mail: [isengul@mail.ru](mailto:isengul@mail.ru);

Балгынова А.М. - кандидат технических наук, доцент, Актюбинский Региональный университет им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан, e-mail: [moldir\_merei66@mail.ru](mailto:moldir_merei66@mail.ru);

Саркулова Ж.С. - PhD доктор, доцент, Актюбинский Региональный университет им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан, e-mail: [zhadi\_0691@mail.ru](mailto:zhadi_0691@mail.ru);

Темирханова М.М. - магистрант, Актюбинский Региональный университет им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан, e-mail: [temirkhanova.madina@inbox.ru](mailto:temirkhanova.madina@inbox.ru).

***Information about the authors***

Isengalieva G.A. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Aktobe Regional University named after K.Zhubanova. - Aktobe, Kazakhstan, e-mail: [isengul@mail.ru](mailto:isengul@mail.ru);

Balgynova A.M. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Aktobe Regional University named after K.Zhubanova, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: [moldir\_merei66@mail.ru](mailto:moldir_merei66@mail.ru);

Sarkulova Zh.S. - PhD Doctor, Associate Professor, Aktobe Regional University named after K.Zhubanova, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: [zhadi\_0691@mail.ru](mailto:zhadi_0691@mail.ru);

Temirkhanova M.M. - Master's student, Aktobe Regional University named after K.Zhubanova, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: [temirkhanova.madina@inbox.ru](mailto:temirkhanova.madina@inbox.ru).

МРНТИ 30.19.29

**РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО J-ИНТЕГРАЛА**

**1М.Р.Нургужин, 2Г.Т.Даненова🖂, 3А.М.Нургужина, 2Т.Б. Ахметжанов**

1 АО «Национальный центр космических исследований и технологий»,

Алматы, Казахстан,2 Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан,

3 Astana IT университет, г. Астана, Казахстан,

**🖂** Корреспондент-автор: [guldan72@mail.ru](mailto:guldan72@mail.ru)

Известно, что трещиноподобные дефекты существуют в изделии изначально, требует создания методов анализа, позволяющих исследовать распространение трещин в условиях реального нагружения на основе механики разрушения. Широко используемыми критериями для этих случаев являются коэффициент интенсивности напряжений, J-интеграл и критерий раскрытия трещины. В данной статье рассмотрены численные исследования определения *J*-интеграла методом конечных элементов для стандартных образцов, моделирующих поведение типовых сварных соединений. В качестве таких образцов рассмотрены образцы с краевой и центральной трещинами. С позиций регрессионного и корреляционного анализов на основе планирования машинных экспериментов получены выражения для J-интеграла в типовых сварных соединениях в зависимости от геометрии трещин, внешней нагрузки и параметров материала. Решен ряд методических примеров по определению разрушающих напряжений. Определены границы применяемости линейной механики разрушения для краевых и центральных трещин в типичных образцах. Оценено влияние остаточных напряжений на величину *J*-интеграла в типовых образцах. Таким образом, регрессионные зависимости для определения *J*-интеграла обладают достаточной надежностью и могут использоваться в практике прогнозирования остаточного ресурса сварных металлоконструкций.

**Ключевые слова:** механика разрушения, *J*-интеграл, сварные конструкции, остаточные напряжения, распространение трещины

**ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ J-ИНТЕГРАЛЫН АНЫҚТАУҒА**

**АРНАЛҒАН ЕСЕПТІК ТӘУЕЛДІЛІКТЕР**

**1М.Р. Нұрғожин, 2Г.Т.Даненова🖂, 3А.М. Нұрғожина, 2Т.Б. Ахметжанов**

1«Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» АҚ, Алматы қ., Қазақстан,

2 Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан,

3 Astana IT университеті, Астана қ., Қазақстан,

е-mail: [guldan72@mail.ru](mailto:guldan72@mail.ru)

Өнімде жарық тәрізді ақаулар бастапқыдан бар екендігі белгілі, сыну механикасы негізінде нақты жүктеме жағдайында жарықтардың таралуын зерттеуге мүмкіндік беретін талдау әдістерін жасауды қажет етеді. Бұл жағдайлар үшін кеңінен қолданылатын өлшемдер-кернеу қарқындылығы коэффициенті, J-интегралы және жарықшақты ашу критерийі. Бұл мақалада стандартты дәнекерленген қосылыстардың әрекетін модельдейтін стандартты үлгілер үшін ақырлы элементтер әдісімен J-интегралын анықтауға арналған сандық зерттеулер қарастырылған. Мұндай үлгілер ретінде шеткі және Орталық жарықтары бар үлгілер қарастырылады. Машиналық эксперименттерді жоспарлау негізінде регрессиялық және корреляциялық талдаулар тұрғысынан жарықтардың геометриясына, сыртқы жүктеме мен материал параметрлеріне байланысты типтік дәнекерленген қосылыстардағы J-интегралына өрнектер алынды. Деструктивті кернеулерді анықтау бойынша бірқатар әдістемелік мысалдар шешілді. Типтік үлгілердегі шеткі және орталық жарықтар үшін сызықтық сыну механикасын қолдану шекаралары анықталған. Қалдық кернеулердің типтік үлгілердегі J-интегралының мәніне әсері бағаланды. Осылайша, J-интегралын анықтауға арналған регрессиялық тәуелділіктер жеткілікті сенімділікке ие және дәнекерленген металл конструкцияларының қалдық ресурстарын болжау тәжірибесінде қолданыла алады.

**Түйін сөздер:** сыну механикасы, J интегралы, дәнекерленген құрылымдар, қалдық кернеулер, жарықтың таралуы

**CALCULATION DEPENDENCIES FOR DETERMINATION OF**

**THE ENERGY J-INTEGRAL**

**1M.R. Nurguzhin, 2G.T. Danenova🖂 , 3А.M. Nurguzhinа, 2T.B. Akhmetzhanov**

1 Joint Stock Company “National Center of Space Researches and Technologies”, Almaty, Kazakhstan,

2 Karaganda Technical University named by Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan,

3 Astana IT University, Astana, Kazakhstan,

е-mail: [guldan72@mail.ru](mailto:guldan72@mail.ru)

It is known that crack defects exist in the machines initially. All that requires the creation of analysis methods that allow to research the propagation of cracks under real loading conditions based on the mechanics of destruction. Widely used criteria for these cases are stress intensity factor, J-integral and crack opening criterion. This paper discusses numerical research of the J-integral determination by finite element method for typical samples that simulating behavior of welded joints. Samples with edge and center cracks are considered as such samples. The expressions for the J-integral in typical welded joints are obtained from the positions of regression and correlation analyses, based on the planning of machine experiments. These expressions are depending on the geometry of cracks, external load and material parameters. A number of methodological examples for determining destructive stresses have been solved. Limits of application of linear fracture mechanics for typical samples with edge and center cracks are determined. Influence of residual stresses on value of J-integral in typical samples is estimated. Thus, regression dependencies for determining the J-integral have sufficient reliability and can be used in the practice of predicting the residual life of welded steel structures.

**Keywords:** fracture mechanics, J-integral, welded structures, residual stresses, crack propagation.

**Введение.** Анализ разрушения сварных металлоконструкций, условий их производства и эксплуатации на основе обследования более 400 технологических машин показывает наличие большого числа усталостных и хрупких разрушений. Очагами разрушения сварных соединений, как правило, являются дефекты сварки, конструктивные несплошности, конструктивно-технологическая концентрация напряжений и деформаций [1,2].

Металлоконструкции технологических машин проектировались, по существу, по принципу безопасного ресурса, в соответствии с которым в конструкции практически не допускалось возникновение трещин за период проектного (назначенного) ресурса. Осознание того, что трещиноподобные дефекты существуют в изделии изначально, требует создания методов анализа, позволяющих исследовать распространение трещин в условиях реального нагружения на основе механики разрушения [2,3,4]. Особую роль в этом случае для обеспечения безопасности технических объектов играет живучесть конструкций, т.е. способность выполнять свои функции при разрушении отдельных элементов. При этом не считается, что появление трещин является концом работы элемента или узла конструкции.

В настоящее время поддержание эксплуатационной надежности сварных конструкций за пределами нормативных сроков службы обеспечивается, как было сказано выше, в рамках концепции «безопасного повреждения» системой технических обслуживаний на основе руководящих документов.

В практике проектирования специалистами применяются апробированные критериальные параметры, хотя они и являются частными и используют те или иные дополнительные предположения о зоне и характере предразрушения в вершине трещины. Широко используемыми критериями для этих случаев являются коэффициент интенсивности напряжений, *J*-интеграл и критерий раскрытия трещины [3,4,5].

В данной статье рассмотрены численные исследования определения *J*-интеграла методом конечных элементов (МКЭ) для стандартных образцов, моделирующих поведение типовых сварных соединений. В качестве таких образцов рассмотрены образцы с краевой и центральной трещинами.

**Материалы и методы.** В развитии механики разрушения и, в частности, в исследованиях динамического распространения трещины концепция упругого коэффициента интенсивности напряжений сыграла фундаментальную роль. Этот параметр линейной механики разрушения применяется не только для анализа причин разрушения уже разрушившихся конструкций или поиска способов предотвращения разрушения, но и с успехом - для выявления корреляции между напряженно-деформированным состоянием окрестности вершины трещины и скоростью распространения усталостной трещины, а также при исследовании коррозийного растрескивания [2,5].

Дальнейшим развитием линейной механики разрушения явилось ее применение в исследованиях таких процессов упругопластического разрушения, при которых влиянием перераспределения напряжений и деформаций в зонах упругости и пластичности нельзя пренебречь. Особенно это актуально для материалов с умеренными прочностными характеристиками (низколегированные и углеродистые стали, применяемые для производства большинства сварных машиностроительных конструкций). Широко используемыми критериями для этих случаев являются *J*-интеграл и критерий раскрытия трещины *COD*. Однако известно, что *J*-интеграл является параметром, который вводится при некоторых ограничительных условиях; что же касается *COD*, то измерить точно на практике его не удается. Применение критериев механики разрушения для анализа прочности сварных конструкций усложняется в связи с их спецификой, связанной с наличием остаточных напряжений и деформаций, конструктивно-технологической концентрацией напряжений в зонах сварных соединений и т. п. [1,2,4].

Рассмотрим энергетический J-интеграл и его вычисление на основе метода конечных элементов. При оценке прочности сварных соединений важно иметь упрощенные выражения для оперативной оценки параметров механики разрушения. С позиций регрессионного и корреляционного анализов на основе планирования машинных экспериментов получены выражения для определения J-интеграла в типовых сварных соединениях в зависимости от геометрии трещин, внешней нагрузки и параметров материала.

Учитывая симметрию, для 1/2 части образца с одной краевой трещиной построена дискретная модель (рисунок 1).



**Рис. 1 - Дискретная модель для 1/2 части образца с одной краевой трещиной**

Следует обратить внимание на контуры интегрирования, которые обозначены на этом рисунке 2. Задача решалась по двум расчетным схемам: плоская деформация (ПД) и плоское напряженное состояние (ПНС), на основе теории течения. В качестве материала рассмотрена сталь с параметрами:

Сравнение значений -интеграла при решении упругопластической и упругой задач показано на рисунке 2 и 3. В работе [9] показано, что линейная механика разрушения может применяться вплоть до нетто-напряжения для краевых трещин в массивных телах глубиной менее 0,25 сечения или для поверхностных трещин размером менее половины сечения. Анализ полученных результатов показал, что пределы применимости линейного подхода сильно зависят от степени стеснения деформации, размеров дефектов и уровня напряжения в нетто-сечении. Так для краевой трещины в случае плоского напряженного состояния с ошибкой в 15% для трещин величина границы применимости линейной механики разрушения изменяется в пределах соответственно.

Для этих же трещин в условиях плоской деформации этот параметр изменяется от до . По аналогии для образцов с центральной трещиной получено, что для трещин длиной в случае плоского напряженного состояния граница применимости линейного подхода оценивается как , а для плоской деформации - . Эти данные существенно уточняют ранее полученные результаты других исследователей [6].



**Рис. 2 - Графики зависимости от приложенной нагрузки в образце с центральной трещиной:** *а – плоское напряженное состояние; б – плоская деформация*



**Рис. 3 - Графики зависимости от приложенной нагрузки в образце с краевой трещиной:**   
*а – плоское напряженное состояние; б – плоская деформация*

Сказанное выше позволяет перейти к определению аналитических зависимостей -интеграла в функции приложенного напряжения, геометрии элемента конструкции с трещиной и свойств материала. В ряде работ [7, 8] предложены такие зависимости в виде:

(1)

где g1 - функция отношения длины трещины *l* к ширине пластины *b* и показателя упрочнения материала n. При этом предполагается, что материал упрочняется по степенному закону:

(2)

где α - константа материала, функция приводится в табулированном виде [8].

Анализ выражения (1) позволяет заключить, что параметр зависит только от относительной длины трещины, приложенной нагрузки и показателя упрочнения *n*. Так в работе [8] приведены табулированные значения функции для образцов с центральной трещиной для случая плоской деформации. Установить подобное выражение для других расчетных случаев, характерных для сварных соединений с непроплавлениями, можно на основе МКЭ и численного эксперимента.

Сказанное выше, распространим на материалы, упрочняющиеся по билинейному закону. В этом случае, из рассмотрения можно исключить параметр *n=1.* На основе численного эксперимента было установлено, что параметр не зависит от материала при развитых пластических деформациях, когда напряжения в нетто-сечении образца . Здесь - пластический - интеграл, определяемый как

, (3)

где- упругий - интеграл; -упругопластический - интеграл.

С учетом сказанного можно записать

, (4)

где в случае плоско напряженного состояния; в случае плоской деформации; - некоторая функция, зависящая от относительной длины трещины и уровня приложенной нагрузки.

В выражении (4) величина

.

Используя уравнения для [9], записанные в общем виде, выражение (4) можно представить в виде

. (5)

Появление сомножителя () связано с необходимостью удовлетворения выражений (4) и (5) граничным условиям задачи.

На основе численного эксперимента получены табулированные значения для функции . На рисунках 4 и 5 представлены графические зависимости параметра от длины трещины и приложенной нагрузки.

На рисунке 6 приведены результаты расчета на основе табулированных данных для - интеграла (ПНС) в образце с центральной трещиной зависимости разрушающих напряжений от относительной длины трещины . Расчетные значения хорошо согласуются с экспериментальными [7] и уменьшаются с увеличением длины трещины. Рассматривалась пластина из нержавеющей стали 1X18H9T ( ). Увеличение ширины пластины также приводит к снижению разрушающих напряжений, причем для пластин с центральной трещиной шириной напряжения σС оказались меньше предела текучести материала . В пластине с краевой трещиной такая ситуация наблюдается уже в пластинах шириной .



**Рисунок 4 -Зависимость параметра для образца с центральной трещиной (100x200 мм):**   
1 – плоская деформация; 2 –плоское напряженное состояние;*P/Pпр* =1,4



**Рис. 5 - Зависимость параметра для образца с краевой трещиной (100x200 мм**):

*1 – плоская деформация; 2 –плоское напряженное состояние; P/Pпр =1,4*

Можно заключить, что для исследуемой стали расчет по предложенной формуле дает удовлетворительную погрешность (≈5%).



**Рис. 6 -Зависимость параметра от относительной длины трещины** :   
 *1 – b=70 мм; 2 – b=150 мм; 3 – b=300 мм; 4 – b=600 мм; • - экспериментальные данные* *[7]*

**Результаты и обсуждения.** Для высокопластичных материалов с трещинами и вязким характером разрушения, если даже момент страгивания установлен критерием , необходимо решить задачу распространении трещины, так как характер роста трещины (устойчивое или неустойчивое) может существенно влиять на работоспособность и ресурс конструкции. В качестве характеристики сопротивления материала росту трещины используют -кривые [10], определяемые экспериментально. Эти кривые связывают значения -интеграла с приращением длины трещины . Переход к неустойчивому распространению трещины будет иметь место, если в точке касания и -кривой выполняются условия

и , (6)

Расчет J- кривой (рисунок 7) для стальной пластины с центральной трещиной проводили по данным [9] для пластины с центральной трещиной. -кривая построена по данным, полученным с помощью метода делительных сеток [7].



**Рис. 7 - и – кривые для образца с центральной трещиной для стали 1Х18H9T**

**( =70 мм; =0,5)**

Из сопоставления приведенных J и JR-кривых (рисунок 7) следует, что неустойчивое распространение трещины в пластине заданных размеров в соответствии с условием (6) будет иметь место лишь при заданной нагрузке. Переход к неустойчивому распространению трещины произойдет при напряжении σ=236МПа после увеличения трещины на (для сравнения ) [7].

Представленные данные дают хорошее совпадение с исследованиями других авторов и в отличие от них являются универсальными для рассматриваемых классов сталей и законов упрочнения материалов.

Таким образом, зная вязкость разрушения , свойства материала, геометрию элементов конструкции и ее НДС, можно определить предельную нагрузку, при которой трещина начнет распространяться.

На основе предложенного в работе подхода [9] рассмотрим влияние остаточных сварочных напряжений на величину - интеграла. В данном случае решается задача расчета - интеграла в образце с центральной трещиной при совместном действии внешней нагрузки и нагрузки на берегах трещины, эквивалентной действию остаточных напряжений. Рассматривалась пластина размерами 100x200 мм из Ст3 со следующими характеристиками: . В качестве варьируемых параметров использовались: - относительная длина трещины; -приложенная относительная внешняя нагрузка; - отношение нерелаксированных остаточных напряжений к пределу текучести материала. В результате численного эксперимента оценивались значения функции

, (7)

где энергетический - интеграл от внешней нагрузки; - энергетический - интеграл от внешней нагрузки и нерелаксированных остаточных напряжений.

Предыдущие исследования позволяют принять с некоторой долей приближения, что функция не зависит от материала образца. Были приняты следующие диапазоны изменения факторов: ; ; . При этом учитывалось допустимое сочетание остаточных и приложенных напряжений.

На рисунках 8 и 9 представлены некоторые результаты численного моделирования. Влияние остаточных напряжений на величину функции усиливается с ростом длины трещины и увеличением внешней нагрузки (см. рис.8, МПа и МПа). При больших значениях приложенных напряжений (рис.9) растягивающие остаточные напряжения релаксируют и почти не оказывают влияния на величину  **-**интеграла. С понижением влияние остаточных напряжений становится более заметно. Так, если вязкость разрушения **,** то прочность соединения уменьшается на 19% за счет действия нерелаксированных остаточных напряжений. Приведенные данные свидетельствуют о существенном влиянии остаточных напряжений на трещиностойкость элементов металлоконструкций, что согласуется с данными эксперимента [9].



**Рис. 8 - Зависимость функции от длины трещины, остаточных и внешних напряжений**

Значение функции приведено в работе [9] в табулированном виде. На основе описанного подхода можно получить подобные функции и для других типов сварных соединений.

Таким образом, зная уровень нерелаксированных остаточных напряжений, размер дефекта и используя табулированную функцию , можно оценить величину  **-**интеграла в виде

(8)



**Рис. 9 - Влияние нерелаксированных остаточных напряжений на величину *J*-интеграла**

Здесь значение  **-**интеграла от действия внешней нагрузки и длины трещины определяем на основе табулированных данных [9].

**Выводы.** В данной работе с помощью полученных регрессионых зависимостей решены следующие задачи.

Определены границы применяемости линейной механики разрушения для краевых и центральных трещин в типичных образцах.

Установлены зависимости разрушающих напряжений от относительной длины трещины в образцах с центральной и краевой трещинами на основе -интеграла.

Оценено влияние остаточных напряжений на величину *J*-интеграла в типовых образцах.

Таким образом, регрессионные зависимости для определения *J*-интеграла обладают достаточной надежностью и могут использоваться в практике прогнозирования остаточного ресурса сварных металлоконструкций.

**Литература**

1. Richard, H., Sander, M., Fulland, M. and Kullmer, G. Development of fatigue crack growth in real structures // Engineering Fracture Mechanics. - 2008. – Vol. 75. - P. 331-340. DOI [10.1016/j.engfracmech.2007.01.017](http://dx.doi.org/10.1016/j.engfracmech.2007.01.017)

2. Ghosh A., Barman N., Chattopadhyay H., Hloch S. A study of thermal behaviour during submerged arc welding.// J Mech Eng.- 2013.- Vol. 59(5)- P. 333-338. DOI [10.5545/sv-jme.2012.775](http://dx.doi.org/10.5545/sv-jme.2012.775)

3. Zhu M.-L., Xuan F.-Z. and Tu S.-T. Effect of load ratio on fatigue crack growth in the near-threshold regime: A literature review, and a combined crack closure and driving force approach//Engineering Fracture Mechanics.- 2015.- Vol. 141.- P. 57-77. DOI [10.1016/j.engfracmech.2015.05.005](http://dx.doi.org/10.1016/j.engfracmech.2015.05.005)

4. Besel, M. and Breitbarth, E. Advanced analysis of crack tip plastic zone under cyclic loading// International Journal of Fatigue. -2016. - Vol. 93(1).-P. 92-108. [DOI 10.1016/j.ijfatigue.2016.08.013](https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2016.08.013)

5. Lopez-Crespo, P., Shterenlikht, A., Patterson, E. A., Yates, J. R. and Withers, P. J. The stress intensity of mixed mode cracks determined by digital image correlation // Journal of strain analsysis for engineering design.-2008. -Vol. 43. - P. 769-780. DOI [10.1243/03093247JSA419](http://dx.doi.org/10.1243/03093247JSA419)

6. Нұрғожин М.Р., Даненова Г.Т., Сайлауқызы Ж.Қалдық дәнекерлеу кернеулеріне және деформацияға механикалық әсердің әсерін компьютерлік модельдеу // Университ Еңбектері ҚарМТУ.-2020-№ 3(80).-С.19-24. DOI 10.25209/1609- 1825\_2020\_3\_19

7. Nurguzhin M., Danenova G., Akhmetzhanov T. Computer modeling of the stress-strain state of welded construction// in AIP Conf Proc. - Prospects of fundamental sciences development (PFSD-2017).- Tomsk.- 2017.- V.1899 (1).  [DOI 10.1063/1.5009879](https://doi.org/10.1063/1.5009879)

8. Traidia A., Roger F. Numerical and experimental study of arc and weld pool behavior for pulsed current GTA welding.// Int J Heat Mass Tran.- 2011.- [Vol. 54 (9-10).-](https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-heat-and-mass-transfer/vol/54/issue/9) P.2163-2179. DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2010.12.005

9. Нургужин М.Р., Даненова Г.Т. Основы расчета характеристик живучести сварных металлоконструкций: монография. - Караганда. Изд-во КарТУ.- 2021.- 133 с.

10. Нургужин М.Р., Даненова Г.Т. Моделирование тепловых процессов в сварных соединениях: монография. -Караганда: Изд-во НАО «КарТУ имени Абылкаса Сагинова».- 2023.- 83 с.

**References**

1. Richard, H., Sander, M., Fulland, M. and Kullmer, G. Development of fatigue crack growth in real structures // Engineering Fracture Mechanics. - 2008. – Vol. 75. - P. 331-340. DOI [10.1016/j.engfracmech.2007.01.017](http://dx.doi.org/10.1016/j.engfracmech.2007.01.017)

2. Ghosh A., Barman N., Chattopadhyay H., Hloch S. A study of thermal behaviour during submerged arc welding.// J Mech Eng.- 2013.- Vol. 59(5)- P. 333-338. DOI [10.5545/sv-jme.2012.775](http://dx.doi.org/10.5545/sv-jme.2012.775)

3. Zhu M.-L., Xuan F.-Z. and Tu S.-T. Effect of load ratio on fatigue crack growth in the near-threshold regime: A literature review, and a combined crack closure and driving force approach//Engineering Fracture Mechanics.- 2015.- Vol. 141.- P. 57-77. DOI [10.1016/j.engfracmech.2015.05.005](http://dx.doi.org/10.1016/j.engfracmech.2015.05.005)

4. Besel, M. and Breitbarth, E. Advanced analysis of crack tip plastic zone under cyclic loading// International Journal of Fatigue. -2016. - Vol. 93(1).-P. 92-108. [DOI 10.1016/j.ijfatigue.2016.08.013](https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2016.08.013)

5. Lopez-Crespo, P., Shterenlikht, A., Patterson, E. A., Yates, J. R. and Withers, P. J. The stress intensity of mixed mode cracks determined by digital image correlation // Journal of strain analsysis for engineering design.-2008. -Vol. 43. - P. 769-780. DOI [10.1243/03093247JSA419](http://dx.doi.org/10.1243/03093247JSA419)

6. Nūrğojin M.R., Danenova G.T., SailauqyzyJ.Qaldyq dänekerleu kerneulerıne jäne deformasiağa mehanikalyq äserdıñ äserın kömpüterlık modeldeu // Universit Eñbekterı QarMTU.-2020-№ 3(80).-S.19-24. DOI 10.25209/1609- 1825\_2020\_3\_19 [in Kazakh]

7. Nurguzhin M., Danenova G., Akhmetzhanov T. Computer modeling of the stress-strain state of welded construction// in AIP Conf Proc. - Prospects of fundamental sciences development (PFSD-2017).- Tomsk.- 2017.- V.1899 (1).  [DOI 10.1063/1.5009879](https://doi.org/10.1063/1.5009879)

8. Traidia A., Roger F. Numerical and experimental study of arc and weld pool behavior for pulsed current GTA welding.// Int J Heat Mass Tran.- 2011.- [Vol. 54 (9-10).-](https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-heat-and-mass-transfer/vol/54/issue/9) P.2163-2179. DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2010.12.005

9. Nurguzhin M.R., Danenova G.T. Osnovy rascheta kharakteristik zhivuchesti svarnykh metallokonstruktsii: monografiya. - Karaganda. Izd-vo KarTU.- 2021.- 133 s. [in Russian]

10. Nurguzhin M.R., Danenova G.T. Modelirovanie teplovykh protsessov v svarnykh soedineniyakh: monografiya. -Karaganda: Izd-vo NAO «KarTU imeni Abylkasa Saginova».- 2023.- 83 s. [in Russian]

***Сведения об авторах***

Нургужин М.Р. - доктор технических наук, профессор, Акционерное общество «Национальный центр космических исследований и технологий», Алматы, Казахстан, e-mail: [maratnurg57@mail.ru](mailto:maratnurg57@mail.ru);

Даненова Г.Т. -кандидат технических наук, доцент, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: [guldan72@mail.ru](mailto:guldan72@mail.ru);

Нургужина А.М. - кандидат технических наук, доцент, Astana IT университет, Астана, Казахстан, e-mail: [assel.nurguzhina@astanait.edu.kz](mailto:assel.nurguzhina@astanait.edu.kz);

Ахметжанов Т.Б. -кандидат технических наук, доцент, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: akhmetzhantalgat@gmail.com

***Information about the authors***

NurguzhinM.R. -Doctor of Technical Sciences, Professor, Joint Stock Company “National Center of Space Researches and Technologies”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [maratnurg57@mail.ru](mailto:maratnurg57@mail.ru);

Danenova G.T. - Сandidate of Technical Sciences, Associate Professor, Karaganda Technical University named by Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: guldan72@mail.ru;

Nurguzhinа А.M. - Сandidate of Technical Sciences, Associate Professor, Astana IT University, Astana, Kazakhstan, e-mail: assel.nurguzhina@astanait.edu.kz;

Akhmetzhanov T.B. - Сandidate of Technical Sciences, Associate Professor, Karaganda Technical University named by Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: akhmetzhantalgat@gmail.com

ҒТАМР 84.13.21

**МҰНАЙ-ГАЗ КЕШЕНІ КӘСІПОРЫНДАРЫНДА САПА МЕНЕДЖМЕНТІ ЖҮЙЕСІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ЖӘНЕ ДАМЫТУ**

**Г.К. Тайманова, Б.Б. Заутбек🖂**

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

**🖂**Корреспондент-автор: [balzhan.zautbek02@gmail.com](mailto:balzhan.zautbek02@gmail.com)

Саланың қарқынды дамуы жағдайында сапаны тиімді басқару осы сектор кәсіпорындарының табысты қызметінің маңызды элементіне айналады. Мақала сапа менеджменті жүйесін қалыптастырудың негізгі аспектілерін анықтауға, сондай-ақ, мұнай-газ саласының ерекшелігін ескере отырып, оны дамыту әдістерін зерттеуге бағытталған.

Мақалада сапа менеджменті жүйесінің негізгі принциптері, ISO 9001:2015, OHSAS 18001:2008, ISO 14001:2015 және ISO 45001:2018 және т.б. стандарттары, сондай-ақ, мұнай-газ секторына тән нақты талаптар қарастырылады. Мұнай-газ кешені кәсіпорындарында сапаны басқару жүйелерін енгізудің табысты тәжірибелері талданады, сондай-ақ, осы процесте компаниялардың алдында тұрған сын-қатерлер мен проблемалар анықталады.

Мақалада мұнай-газ кешені кәсіпорындарында персоналды оқыту және сапа мәдениетін дамыту мәселелері қарастырылады. Персоналды сапаны басқару процестеріне тартудың және олардың рөлі жүйенің жалпы тиімділігіне қалай әсер ететінін түсінуді қалыптастырудың маңыздылығына баса назар аударылады.

Зерттеу барысында алынған тұжырымдар мұнай-газ кешені кәсіпорындарындағы сапа менеджменті жүйесін одан әрі жетілдіруге құнды үлес болып табылады. Энергетика секторындағы сапа менеджменті саласындағы болашақ зерттеулер үшін негіз болады.

**Түйін сөздер:** корпоративтік басқару, сапа менеджменті жүйелері, SWOT-талдау, экологиялық көрсеткіштер, тиімділік, тұрақты жетілдіру.

**ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА**

**Г.К. Тайманова, Б.Б. Заутбек🖂**

[Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан,](https://en.wikipedia.org/wiki/Al-Farabi_Kazakh_National_University" \t "_blank)

e-mail: [balzhan.zautbek02@gmail.com](mailto:balzhan.zautbek02@gmail.com)

В условиях динамичного развития отрасли, эффективное управление качеством становится критически важным элементом успешной деятельности предприятий данного сектора. Статья направлена на выявление ключевых аспектов формирования системы менеджмента качества, а также на исследование методов её развития с учетом специфики нефтегазовой отрасли.

В статье рассматриваются основные принципы системы менеджмента качества, стандарты ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 и ISO 45001:2018 и др., а также специфические требования, характерные для нефтегазового сектора. Анализируются успешные практики внедрения систем управления качеством на предприятиях нефтегазового комплекса, а также выявляются вызовы и проблемы, с которыми сталкиваются компании в этом процессе.

В статье также рассматриваются вопросы обучения персонала и развития культуры качества на предприятиях нефтегазового комплекса. Акцент делается на важности вовлечения персонала в процессы управления качеством и формирования понимания того, как их роль влияет на общую результативность системы.

Полученные в ходе исследования выводы представляют собой ценный вклад в дальнейшее совершенствование систем менеджмента качества на предприятиях нефтегазового комплекса, а также служат основой для будущих исследований в области управления качеством в энергетическом секторе.

**Ключевые слова:** корпоративное управление, системы менеджмента качества, SWOT-анализ, экологические показатели, эффективность, постоянное совершенствование.

**FORMATION AND DEVELOPMENT OF A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AT THE ENTERPRISES OF THE OIL AND GAS COMPLEX**

**G.K. Taimanova, B.B. Zautbek🖂**

Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: [balzhan.zautbek02@gmail.com](mailto:balzhan.zautbek02@gmail.com)

In the context of the dynamic development of the industry, effective quality management is becoming a critical element of the successful operation of enterprises in this sector. The article aims to identify the key aspects of the formation of a quality management system, as well as to study the methods of its development, taking into account the specifics of the oil and gas industry.

The article discusses the basic principles of the quality management system, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and ISO 45001:2018 standards, etc., as well as specific requirements specific to the oil and gas sector. The successful practices of implementing quality management systems at oil and gas enterprises are analyzed, as well as the challenges and problems faced by companies in this process are identified.

The article also discusses the issues of personnel training and the development of a quality culture at oil and gas enterprises. The emphasis is on the importance of involving personnel in quality management processes and developing an understanding of how their role affects the overall effectiveness of the system.

The findings obtained in the course of the study represent a valuable contribution to the further improvement of quality management systems at oil and gas enterprises, and also serve as a basis for future research in the field of quality management in the energy sector.

**Keywords:** corporate governance, quality management systems, SWOT analysis, environmental performance, efficiency, continuous improvement.

**Кіріспе.** ҚР бюджеті мен төлем балансының басым бөлігін қалыптастыра отырып, мұнай-газ өндіру саласы мемлекет ауқымында түйінді және стратегиялық маңызды болып табылады. ҚР-дағы мұнай-газ саласы ел аумағында және одан тыс жерлерде мұнай мен газды өндіруді, өңдеуді, жеткізуді және өңдеуді қамтиды. Мұнай-газ өндіру кешені республика бюджетін қалыптастыру үшін стратегиялық маңызды компонент болып табылады, бұл сала кәсіпорындарындағы бизнес-процестерді жетілдіру және оңтайландыру тұрғысынан көптеген зерттеулерге негізделген. Атап айтқанда, СМЖ енгізуді американдық мұнай институтының (API) Specq1 талаптары негізінде жүзеге асырған жөн, өйткені мұндай жүйе бірден үш стандарттың өлшемдерін қанағаттандырады: APISpecQ1, ISO/TS 29001:2010, ISO 9001: 2008. Осылайша, кәсіпорын өзінің бәсекелестік қуатын арттырып қана қоймай, кейіннен пайданы ұлғайта алады. Негізгі тұтынушылар тарапынан қолдауды қалыптастырады [1]. Американдық мұнай институтының сапа менеджменті жүйесінің API Specification Q2 талаптарына сәйкес мұнай сервисі активтерін сертификаттау мұнай сервисі активтері қызметтерінің сапасын API мұнай-газ саласындағы халықаралық стандарттардың озық және дамыған практикасына сәйкестік деңгейіне дейін арттыру мақсатында басталды. Мұнайдың дәлелденген қоры бойынша Қазақстан әлемде 12-орында - 3.9 млрд тонна. Табиғи газ қоры 2.7 трлн текше метрді құрайды – әлемдегі 14 орын. Қазақстанның дәлелденген мұнай және конденсат қорларын өндірудің ағымдағы деңгейінде 45 жылдан астам уақытқа жеткілікті (1-кесте) [2].

**1-кесте *-* Елдер бойынша дәлелденген мұнай және конденсат қорлары, млрд. тонна**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Мемлекеттер** | **Дәлелденген мұнай қорлары, млрд. тонн.** | **Жетістік деңгейі неше жыл, жыл** | **Әлемдік қордан, %** |
| Венесуэла | 48 | 500 | 17,5 |
| Сауд Арабиясы | 40,9 | 73,6 | 17,2 |
| Канада | 27,1 | 89,4 | 9,7 |
| Иран | 21,7 | 139,8 | 9,1 |
| Ирак | 19,6 | 96,3 | 8,4 |
| Ресей | 14,8 | 27,6 | 6,2 |
| Кувейт | 14 | 103,2 | 5,9 |
| Біріккен Араб Әмірліктері | 13 | 73,1 | 5,6 |
| АҚШ | 8,2 | 11,4 | 4 |
| Ливия | 6,3 | 339,2 | 2,8 |
| Нигерия | 5,0 | 56,1 | 2,1 |
| **Қазақстан** | **3,9** | **45,3** | **1,7** |
| Қытай | 3,5 | 18,2 | 1,5 |
| Катар | 2,6 | 38,1 | 1,5 |
| Бразилиа | 1,7 | 10,8 | 0,7 |
| Алжир | 1,5 | 25,0 | 0,7 |
| Ангола | 1,1 | 16,1 | 0,4 |
| Норвегия | 1,0 | 10,8 | 0,5 |
| Әзірбайжан | 1,0 | 26,7 | 0,4 |
| Мексика | 0,9 | 8,7 | 0,4 |

Нарықта бәсекеге қабілеттілікті арттыру үшін компаниялар бизнес-процестерді тиімді басқаруды жүзеге асыруы және сапа менеджменті жүйесін (СМЖ) енгізуі қажет. Егер сапа менеджменті жүйесі қабылданған халықаралық стандарттарға сәйкес келсе, кәсіпорынның қызметі тиімді деп саналуы мүмкін. Сапа жүйесінің стандарттары мен сәйкестік критерийлерін таңдау кәсіпорынның түпкі мақсатына байланысты және мүдделі тұлғалардың пікірін ескере отырып жүзеге асырылады. Сапаны басқаруды стандарттаудан бөлек қарастыруға болмайды, оның нормативтік базасы компанияларға сапаны бағалауға, тексеру процедурасы мен критерийлерін белгілеуге мүмкіндік береді [3].

**Материалдар мен әдістер.** Мұнай-газ компанияларында енгізілген сапа менеджменті жүйелері бизнес-процестерді, өнім сапасын жетілдіруді қамтамасыз етеді және кәсіпорындар қызметінің түпкілікті нәтижелеріне өз әсерін тигізеді. Бұл зерттеудің өзектілігін негіздейді.

Мұнай-газ секторы тәуелсіз компаниялардың кешені болып табылады, олардың қызметі құрылатын тауардың бүкіл өмірлік циклін қамтиды. Өмірлік циклдің барлық кезеңдерін сапа менеджменті жүйесінің көмегімен бағалау және бақылау қажет, арнайы рәсімге және алдын ала белгіленген бағалау критерийлеріне сәйкес халықаралық сапа стандарттарын енгізу қажет. RAEX-Europe тәуелсіз Еуропалық рейтингтік агенттігінің деректері бойынша мұнай-газ өндіру саласындағы өнімді өткізу көлемі бойынша Қазақстанның ірі компанияларының рейтингі жасалды (2-кесте) [4].

**2-кесте - 2021-2022 жылдар кезеңінде ҚР-дағы мұнай және газ өндіру бойынша ірі компаниялардың рейтингі**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Компания | 2021 жылы іске асыру көлемі, млн тг. | 2020 жылы іске асыру көлемі, млн тг. | Өсу қарқыны, % |
| "ҚазМұнайГаз" ҰК | 5838793 | 3624964 | 61 |
| Қарашығанақ Петролиум Оперейтинг Б. В. | 1461823 | 1073920 | 36 |
| North Caspian Operating Company N.V. | 3737330 | 1871516 | 100 |
| Nostrum (ТОО «Жаикмунай») | 83197 | 72654 | 15 |
| «Матен Петролеум» | 157686 | 92339 | 71 |

«ҚазМұнайГаз» ҰК АҚ компаниясы ҚР-дағы мұнай-газ өндіру саласындағы компаниялар тізімінің көшбасшысы болды. Мұнай-газ компаниясы қандай стандарттарды қолданатынын қарастырайық. Кәсіпорындар құжаттаманы және сапа стандарттарының көпшілігін дербес әзірлейді. 2006 жылдан бастап ҚМГ-да ISO 9001:2015, OHSAS 18001:2018, ISO 14001:2015 және ISO 45001:2018 талаптарына сәйкес сапа, қоршаған ортаны қорғау, денсаулықты қорғау және еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету саласында басқарудың интеграцияланған жүйесі енгізілді [5]. Энергия тұтынудың едәуір деңгейі бар компания ISO 50001:2018 стандартына сәйкес сертификатталған. Біріктірілген басқару жүйесінің тиімділігін тәуелсіз аудиторлар үнемі растайды. Олар компания ішінде де, ол жұмыс істейтін кәсіпорындарда да таралады [6].

ҚМГ корпоративтік басқару жүйесі кәсіпорындардың қызметін басқару мен бақылауды, сондай-ақ, акционерлер, Директорлар кеңесі, басқарма және мүдделі тараптар арасындағы өзара қарым-қатынас жүйесін қамтамасыз ететін процестердің жиынтығы болып табылады. 2015 жылдан бастап қазіргі уақытқа дейін ҚМГ «Самұрық-Қазына» АҚ Басқармасының шешімімен бекітілген ҚМГ корпоративтік басқару Кодексін енгізу бойынша жұмыс жүргізуде (2015 жылғы 27 мамырдағы №22/15 хаттама). ҚМГ корпоративтік басқару кодексінің мақсаты корпоративтік басқаруды жетілдіру, басқарудың ашықтығын қамтамасыз ету, ҚМГ-ның тиісті корпоративтік басқару стандарттарын ұстануға бейілділігін растау болып табылады. Осылайша, ҚМГ-да корпоративтік басқару құрылымы құрылады (1-сурет).

**АКЦИОНЕРЛЕРДІҢ ЖАЛПЫ ЖИНАЛЫСЫ**

Тәуекелдер жөніндегі Комитет

ДИРЕКТОРЛАР КЕҢЕСІ

БАСҚАРМА

Корпоративтік хатшы

Омбудсмен

Сәйкестік қызметі

Тәуекелді басқару департаменті

Мақсат иелері

Тәуекел факторларының иелері

Тәуекел иелері

ІШКІ АУДИТ ҚЫЗМЕТІ

Қауіпсіздік, еңбекті қорғау, қоршаған орта және тұрақты даму комитеті

Аудит жөніндегі Комитет

Стратегия және портфельді басқару комитеті

Тағайындаулар және сыйақылар жөніндегі Комитет

**1-сурет - ҚМГ-дағы корпоративтік басқару құрылымы**

Тұтастай алғанда, компаниядағы корпоративтік басқаруды жетілдіру үздіксіз циклдік процесс болып табылады, оның негізгі кезеңі тәуелсіз тараптан рейтинг және жақсарту бойынша тиісті ұсыныстар алу болып табылатындығының айқын көрінісін келесі 2-суреттен көре аламыз [7].

**2-сурет - Корпоративтік басқару жүйесін дамыту**

2020-2022 жылдар кезеңінде «ҚазМұнайГаз» ҰК АҚ жұмыс тиімділігінің көрсеткіштерінің өзгеру динамикасын қарастырайық (3-кесте). Кез келген мұнай саласындағы компанияның көрсеткіштерінің өзгеру динамикасы мұнай бағасына, сонымен қатар, мұнай өндіру, тасымалдау, т.б. процестерге әсерін тигізеді [8].

**3-кесте – «ҚазМұнайГаз» ҰК АҚ-ның 2020-2022 жылдардағы тиімділік көрсеткіштері**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тиімділік көрсеткіші | 2020 | 2021 | 2022 |
| Тұтынушылардың өндіруге, тасымалдауға және өңдеуге орташа қанағаттануы, ұпайлар | 4,5 | 4,6 | 4,8 |
| Материалдық емес активтер, млн. тг. | 168,481 | 889,491 | 918,253 |
| Күрделі салымдар, млн. тг. | 432806,29 | 480677,1 | 441861,86 |

**Нәтижелер мен талқылау.** Мұнай-газ кешені кәсіпорындары тұтынушыларының мұнай мен газды өндіруге, тасымалдауға және өңдеуге орташа қанағаттануы бес балдық шкала бойынша қаралды және екі жыл ішінде 0,3 пунктке өсті. Клиенттердің қанағаттануы сапамен тығыз байланысты болғандықтан, компаниядағы өнімдер мен қызметтердің сапасын жақсартуға болады деген қорытынды жасауға болады.

Компанияның материалдық емес активтері жыл сайын өсіп келеді. 2022 жылы 2021-мен салыстырғанда материалдық емес активтердің құны 3,23%-ға немесе 28,762 млн теңгеге өсті. Бұл кәсіпорындардың жыл сайынғы есептілігіне сәйкес сауда маркасының құнының өсуіне байланысты болуы мүмкін. Ұйымның күрделі салымдары жалпы төмендеу үрдісіне ие. 2 жыл ішінде ұйым шығындарды 8,1%-ға оңтайландырды [9].

ҚМГ республиканың ірі өнеркәсіптік кәсіпорындарының бірі бола отырып, Қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз етуге және компанияның өндірістік объектілері қызметінің аудандарында тұратын персонал мен халықтың денсаулығын қорғауға көп көңіл бөледі. Осыған сәйкес ұйым еңбек қызметі үшін қауіпсіз жағдайлар жасауы керек және жұмыс орнында еңбекті қорғауды қамтамасыз ету үшін ең жоғары стандарттарды енгізуі керек. Әрі қарай, 2020-2022 жылдар кезеңіндегі еңбекті қорғау мен өнеркәсіптік қауіпсіздіктің негізгі көрсеткіштерін қарастырыңыз (4-кесте).

**4-кесте – «ҚазМұнайГаз» ҰК АҚ-ның 2020-2022 жылдардағы тиімділік көрсеткіштері**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ЕҚ және ӨҚ негізгі көрсеткіштері | Өлшем бірлігі | 2020 | 2021 | 2022 | % |
| Жазатайым оқиғалар | Оқиға | 30 | 28 | 35 | 25 |
| Жазатайым оқиғалар кезінде зардап шеккендер | Адам | 32 | 32 | 36 | 12,5 |
| Соның ішінде өлім | Адам | 0 | 3 | 1 | -67 |
| Жол-көлік оқиғалары | Оқиға | 14 | 22 | 24 | 9 |

Денсаулық сақтау, өнеркәсіптік қауіпсіздік және қоршаған ортаны қорғау жөніндегі менеджмент жүйесі Қазақстан Республикасы заңнамасының, ISO 14001:2015 және ISO 45001:2018 салалық және халықаралық стандарттарының талаптарына сәйкес, үздік әлемдік тәжірибелер мен тәсілдерді, Халықаралық Мұнай және газ өндірушілер қауымдастығының (International Association of Oil & Gas Producers, IOGP) ұсынымдарын пайдалана отырып әзірленді), көшбасшылық, мақсатқа жету, тәуекелдерді басқару және үздіксіз жетілдіру сияқты іргелі принциптерге негізделген 10 негізгі элементті қамтиды.

Басқару жөніндегі мақсаттар ҚМГ компаниялар тобының даму стратегиясымен тікелей байланысты. ҚМГ-ның 2031 жылға дейінгі Даму стратегиясы экологиялық жауапкершілікті арттыру жөніндегі стратегиялық бастамаларды көздейді. Қоршаған ортаны қорғау бөлігінде ҚМГ компаниялар тобы үшін басым бағыттарға атмосфералық ауаға шығарындыларды басқару және газдың алауды жағуын қысқарту, су ресурстарын, Өндіріс қалдықтарын басқару және жерді рекультивациялау жатады [10].

ҚМГ осы салада экологиялық көрсеткіштерді жақсарту және ашықтық пен ашықтықты қамтамасыз ету бойынша жүргізіліп жатқан жұмыстардың нәтижесінде дүниежүзілік жабайы табиғат қорының (WWF), CREON Group және талдамалық кредиттік рейтингтік агенттіктің тәуелсіз сарапшыларын бағалау нәтижелері бойынша Қазақстан Республикасы Мұнай-газ компанияларының экологиялық ақпаратының ашықтығы рейтингінде алтыншы жыл қатарынан бірінші орын алады. Экологиялық көрсеткіштердің жақсаруы 5-кестеде көрсетілген [11].

**5-кесте - Экологиялық көрсеткіштер, б.з. 1 мың тоннаға тонна**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Жыл | 2020 | 2021 | 2022 |
| Шығарындылардың қарқындылығы, SO2 | 0,23 | 0,22 | 0,21 |
| Шығарындылардың қарқындылығы, NO2 | 0,22 | 0,24 | 0,31 |
| Шикі газды жағу қарқындылығы | 2,2 | 2,1 | 1,5 |
| Шикі газды кәдеге жарату деңгейі, % | 98 | 98 | 98,8 |

Бұдан әрі, жоғарыда келтірілген нәтиже мен компания есептеріндегі ақпараттың негізінде SWOT-талдау жүргізілді, оның барысында біз компанияның сыртқы факторлардың теріс әсерінен болатын қауіптерін және әлсіз жақтарын, ҚМГ-ға теріс әсерді жою үшін күшті жақтары мен әлеуетті мүмкіндіктерін белгілейміз [12].

SWOT-талдау

|  |  |
| --- | --- |
| Күшті жақтары | Әлсіз жақтары |
| - ұлттық компания;  - мұнай өндіру бойынша жетекші позициялар;  - корпоративтік басқару;  - сапа, қоршаған ортаны қорғау, денсаулық сақтау және еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету саласындағы біріктірілген басқару жүйесі;  - қоршаған ортаны қорғау саласындағы басым жобалар;  - экологиялық жауапкершілікті арттыру бойынша стратегиялық бастамалар. | - дәлелденген мұнай және газ қорларының көлемін азайту;  - атмосфералық ауаға шығарындылар және газды алау жағу;  - өндіріс қалдықтары және жерді қалпына келтіру;  - халықаралық деңгейде сертификаттау және аудит. |
| Мүмкіндіктер | Қауіптер |
| - сапа басқармасын одан әрі дамыту есебінен шығыстарды азайту және бизнес-процестердің ашықтық деңгейін арттыру;  - стратегиялық бастамалар арқылы баламалы энергия көздерін дамыту;  - технологиялық жабдықты жаңғырту;  - энергия үнемдеу технологияларын енгізу, жылу энергиясын өндіру мен тұтынуды оңтайландыру. | - мұнайдың төмен бағасы;  - техногендік авариялардың тәуекелдері;  - құқықтық тәуекелдер (заңнамадағы өзгерістер, талаптар мен даулар). |

Мұнай газ өндіруші кәсіпорындардың СМЖ енгізу процесінде белгілі бір қиындықтар мен проблемалар туындайды:

1. Мұнай-газ өндіруші кәсіпорындарда сапа стандарттарын құру және қолдану осы кешен жұмысының ерекшелігін ескеру қажеттілігімен байланысты;

2. Мұнай-газ кәсіпорындары қызметінің көптеген салаларында (мысалы, мұнай мен газды сақтау, тасымалдау және өңдеу) әзірге нақты анықталған сапа стандарттары жоқ;

3. СМЖ әзірлеуге жоғары еңбек, уақыт және қаржы шығындары. Алынған нәтижелер. ҚМГ ұзақ мерзімді перспективада компания қызметінің қаржылық нәтижелерін жақсарту және бизнес-процестерді тұрақты дамыту үшін стратегиялық ойластырылған жоспар болып табылады [13]. Сондай-ақ, компанияға жоғары пайда әкелген жаңа қызмет түрлері қосылды: газ бен мұнайды сақтау, иелік ету және тасымалдау, газ және мұнай өндірумен байланысты жаңа объектілер салу, электр энергиясын өндіру, қолданыстағы объектілерді жөндеу және пайдалану, құрылысты аяқтау және жаңа объектілерді пайдалануға беру туралы есептер, жаңа кен орындарын іздеу, барлау және табу жұмыстары газ және мұнай, жаңа газ және мұнай кен орындарын бұрғылау жобаларын әзірлеу және жүзеге асыру, газ сату және оны тасымалдау, табиғи газды отын ретінде сату. Жетілдірудің арқасында компания сапаны басқарудың корпоративтік жүйесін дамытады, жеткізушілер мен серіктестерде СМЖ өзіндік саясатын сәтті енгізеді, СМЖ аудитін жүргізеді. 2022 жылы «Тұрақты Жобаларды Басқару» (Green Project Management) бағдарламасы бойынша қызметкерлерді оқыту іске асырылды, оның шеңберінде корпоративтік орталық пен еншілес компаниялардың мамандары мен басшыларын тарта отырып, жобаларда тұрақты даму тұжырымдамасын қолданудың үздік тәжірибелері зерделенді. Жыл сайын IPMA және GPM жобаларын басқарудың халықаралық стандарттары бойынша стратегиялық маңызды жобаларды іске асырумен айналысатын негізгі қызметкерлерді сертификаттау жүргізіледі.

**Қорытынды.** «ҚазМұнайГаз» ҰК АҚ сапаны басқару саласында жетілдіру кәсіпорынға мүмкіндік берді:

1. Соңғы 5 жылда клиенттердің адалдығын 0,2 пунктке арттыру және нәтижесінде өнім сапасын жақсарту;

2. ҚР-да мұнай мен газды өткізу көлемі бойынша жетекші орынға ие болу;

3. Бизнес-процестерді басқаруды жетілдіру;

4. Өнімнің өзіндік құнын төмендету және шығындарды 8,1%-ға азайту;

5. Халықаралық стандарттарға сапа сәйкестігі сертификаттарының болуына байланысты сатып алу рәсімдері мен тендерлерге қатысу жүйесін жеңілдету;

6. Сауда маркасының құнын арттыру есебінен 2021-2022 жылдары материалдық емес активтердің құнын 3,23%-ға немесе 28,762 миллион теңгеге арттыру.

Қорытындылар, одан әрі әрекет ету бағыттары.

«ҚазМұнайГаз» ҰК АҚ үшін СМЖ саласындағы одан әрі іс-қимылдар бағыты:

- Тұтынушылардың өнім сапасына қанағаттануын 5 балл белгісіне дейін арттыру.

- Бизнес-процестерді орындау сапасын бағалау және бақылау арқылы өнім сапасын халықаралық деңгейге жеткізу.

- Өнімнің (жұмыстардың, көрсетілетін қызметтердің) сапасын арттыру жолымен жүйелі және ұзақ мерзімді даму үшін жағдайларды жетілдіру.

- Қолда бар ресурстарды неғұрлым тиімді пайдалану (шығындарды азайту, рентабельділікті арттыру және т.б.).

- Өндірістегі қауіпсіздікті арттыру.

- Бәсекеге қабілеттілікті арттыру және көшбасшылық позицияларды сақтау.

- Заманауи технологиялар мен басқару тәсілдерін енгізуге кепілдік беретін әлемдік сапа стандарттарына сәйкестікке негізделген сапа менеджментінің интеграцияланған жүйесін әзірлеу және қолдану. Осылайша, ұйымның сапа менеджменті жүйесінің негізгі міндеті сапаны бағалау критерийлерін анықтау, халықаралық стандарттарға сәйкестік процедурасын жүргізу, серіктестермен жұмыс кезінде өзіндік сапа стандарттарын құру және енгізу, бизнес-процестердің тиімділігі мен сапасын төмендетпей шығындарды азайтуға мүмкіндік беретін өндірістік процестердің қауіпсіздігін, тұрақтылығы мен тиімділігін қамтамасыз ету болып табылады. СМЖ-ны мұнай-газ өндіруші кәсіпорындарда қолдану және компаниялардың халықаралық сапа стандарттарына сәйкестік рәсімінен өтуі оларға бәсекелестік артықшылықтар алуға, бизнес-процестерді жолға қоюға, сапаны басқарудың тиімді жүйесін әзірлеуге және енгізуге мүмкіндік береді.

**Әдебиеттер**

1. American Petroleum Institute. Стандарты. [Электрон. ресурс] – 2021. –URL: <https://www.api.org/products-and-services/ru/standards>. (date of address 15.11.2023)

2. Обзор нефтегазовой отрасли Казахстана. [Электрон. ресурс] – 2022. URL: <https://jusananalytics.kz/wp-content/uploads/2022/08/obzor-neftegazovoj-otrasli-rk.pdf>. (date of address 15.11.2023)

3. Раганов Е.С. Анализ результативности системы менеджмента качества на предприятии нефтегазодобычи // Молодой ученый - 2023. - № 23. С. 272

4. Независимое европейское Рейтинговое Агентство RAEX-Europe. ESG-рэнкинг компаний Казахстана (2021—2022 гг.). [Электрон. ресурс] – 2022. -URL: <https://raex-rr.com/ESG/ESG_companies/ESG-Kazakhstan/2022.6/> (дата обращения 22.12.2023)

5. [Годовой отчет АО НК «КазМунайГаз» за 2022 г. [Электрон. ресурс] - 2022. - URL: https://ar2022.kmg.kz/ru/](file:///D:\Downloads\Годовой%20отчет%20АО%20НК) (дата обращения 22.12.2023)

6. Хасанов Б.К., Хайретдинов Р.Г., Самарканов О.Л. Обеспечение конкурентоспособности нефтедобывающих компаний в условиях низких цен на нефть и волатильности рынка путем анализа рентабельности эксплуатации добывающих скважин // Вестник Нефтегазовой отрасли Казахстана – 2021. - № 1(6). -С. 82-97

7. Годовой отчет АО НК «КазМунайГаз» за 2021 г. [Электрон. ресурс] - 2021. -URL: <https://ar2021.kmg.kz/ru> (дата обращения 22.12.2023)

8. Полугодовой отчет АО «Национальная компания «КазМунайГаз» за шесть месяцев, закончившихся 30 июня 2023 года [Электрон. ресурс] - 2023. –URL: <https://kase.kz/files/emitters/KMGZ/kmgz_information_130923.pdf> (дата обращения 20.02.2024).

9. Повлияют ли на экологию новые проекты нефтегазовой сферы РК [Электрон. ресурс] – 2022. –URL: [https://forbes.kz/process/resources/povliyayut\_li\_na\_ekologiyu\_novyie\_proektyi \_neftegazovoy\_sferyi](https://forbes.kz/process/resources/povliyayut_li_na_ekologiyu_novyie_proektyi%20_neftegazovoy_sferyi) (дата обращения 20.02.2024).

10. Нефтегазовая отрасль Казахстана. Перспективы, тренды и взгляд в будущее. [Электрон.ресурс] – 2023. –URL: <https://www.kazenergy.com/ru/press-center/news/3154/> (Дата обращения 20.02.2023)

11. Шмелева А.Н. Оценка конкурентоспособности предприятия с учетом результативности процессов системы менеджмента качества «ответственность руководства» — объектов управления операционной эффективности СМК // Российское предпринимательство. – 2011. – № 5. С. 99-103

12. Смагулова С.М. Тенденции изменения отраслевой и корпоративной структуры нефтегазового комплекса Республики Казахстан // Вестник Евразийской науки. - 2018. - Т 10. - №5. – URL: https://esj.today/PDF/65ECVN518.pdf (дата обращения: 25.01.2024)

13. КазМунайГаз. Сертификаты. [Электрон. ресурс] – 2023. – URL: <https://www.kmgaero.kz/?page_id=1327> (дата обращения: 25.01.2024)

**References**

1. American Petroleum Institute. Standarty. [Elektron. resurs] – 2021. –URL: https://www.api.org/products-and-services/ru/standards. (date of address 15.11.2023)

2. Obzor neftegazovoi otrasli Kazakhstana. [Elektron. resurs] – 2022. URL: https://jusananalytics.kz/wp-content/uploads/2022/08/obzor-neftegazovoj-otrasli-rk.pdf. (date of address 15.11.2023) [in Russian]

3. Raganov E.S. Analiz rezul'tativnosti sistemy menedzhmenta kachestva na predpriyatii neftegazodobychi // Molodoi uchenyi - 2023. - № 23. S. 272 [in Russian]

4. Nezavisimoe evropeiskoe Reitingovoe Agentstvo RAEX-Europe. ESG-renking kompanii Kazakhstana (2021—2022 gg.). [Elektron. resurs] – 2022. -URL: https://raex-rr.com/ESG/ESG\_companies/ESG-Kazakhstan/2022.6/ (data obrashcheniya 22.12.2023) [in Russian]

5. Godovoi otchet AO NK «KazMunaiGaz» za 2022 g. [Elektron. resurs] - 2022. - URL: https://ar2022.kmg.kz/ru/ (data obrashcheniya 22.12.2023) [in Russian]

6. Khasanov B.K., Khairetdinov R.G., Samarkanov O.L. Obespechenie konkurentosposobnosti neftedobyvayushchikh kompanii v usloviyakh nizkikh tsen na neft' i volatil'nosti rynka putem analiza rentabel'nosti ekspluatatsii dobyvayushchikh skvazhin // Vestnik Neftegazovoi otrasli Kazakhstana – 2021. - № 1(6). -S. 82-97 [in Russian]

7. Godovoi otchet AO NK «KazMunaiGaz» za 2021 g. [Elektron. resurs] - 2021. -URL: https://ar2021.kmg.kz/ru (data obrashcheniya 22.12.2023) [in Russian]

8. Polugodovoi otchet AO «Natsional'naya kompaniya «KazMunaiGaz» za shest' mesyatsev, zakonchivshikhsya 30 iyunya 2023 goda [Elektron. resurs] - 2023. –URL: https://kase.kz/files/emitters/KMGZ/kmgz\_information\_130923.pdf (data obrashcheniya 20.02.2024). [in Russian]

9. Povliyayut li na ekologiyu novye proekty neftegazovoi sfery RK [Elektron. resurs] – 2022. –URL: https://forbes.kz/process/resources/povliyayut\_li\_na\_ekologiyu\_novyie\_proektyi \_neftegazovoy\_sferyi (data obrashcheniya 20.02.2024). [in Russian]

10. Neftegazovaya otrasl' Kazakhstana. Perspektivy, trendy i vzglyad v budushchee. [Elektron.resurs] – 2023. –URL: https://www.kazenergy.com/ru/press-center/news/3154/ (Data obrashcheniya 20.02.2023) [in Russian]

11. Shmeleva A.N. Otsenka konkurentosposobnosti predpriyatiya s uchetom rezul'tativnosti protsessov sistemy menedzhmenta kachestva «otvetstvennost' rukovodstva» — ob"ektov upravleniya operatsionnoi effektivnosti SMK // Rossiiskoe predprinimatel'stvo. – 2011. – № 5. S. 99-103 [in Russian]

12. Smagulova, S. M. Tendentsii izmeneniya otraslevoi i korporativnoi struktury neftegazovogo kompleksa Respubliki Kazakhstan / S. M. Smagulova // Vestnik Evraziiskoi nauki. - 2018. - T 10. - №5. – URL: https://esj.today/PDF/65ECVN518.pdf (data obrashcheniya: 25.01.2024) [in Russian]

13. KazMunaiGaz. Sertifikaty. [Elektron. resurs] – 2023. – URL: https://www.kmgaero.kz/?page\_id=1327 (data obrashcheniya: 25.01.2024) [in Russian]

***Авторлар туралы мәліметтер***

Тайманова Г.К. - техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: gtaimanova@mail.ru;

Заутбек Б.Б. - магистрант, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: [balzhan.zautbek02@gmail.com](mailto:balzhan.zautbek02@gmail.com).

***Information about the authors***

TaimanovaG.K. -candidate of technical sciences, associate professor, Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [gtaimanova@mail.ru](mailto:gtaimanova@mail.ru);

Zautbek B.B. - undergraduate, Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [balzhan.zautbek02@gmail.com](mailto:balzhan.zautbek02@gmail.com).

МРНТИ 52.13.07

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДЗЕМНОГО ВЫЕМОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ MICROMINE**

**Д.К. Ахметканов🖂, Л.Е. Тян, Е.Х. Абен, М. Елузах**

Satbayev University, Алматы, Казахстан,

**🖂** Корреспондент-автор:[d.akhmetkanov@satbayev.university](mailto:d.akhmetkanov@satbayev.university)

В статье рассмотрено два варианта алгоритма оптимизации выемочных единиц. В последние десятилетия угледобыча и добыча других полезных ископаемых в подземных условиях стали сталкиваться с растущими вызовами, такими как увеличение трудозатрат, изменение регулирования и постоянная потребность в оптимизации процессов. В этом контексте внедрение современных технологий, таких как программное обеспечение (ПО) MICROMINE, предоставляет уникальные возможности для оптимизации подземных выемочных добычных единиц. Оптимизатор выемочных единиц определяет оптимальную комбинацию материнских блоков, которые необходимо добыть, чтобы максимизировать общую прибыль от разработки месторождения. При этом учитываются некоторые технологические ограничения. Если в случае с оптимизацией открытых горных работ под технологическими ограничениями подразумеваются углы откосов бортов карьеров, то при оптимизации выемочных единиц учитываются минимальные размеры и форма выемочных единиц. Экономический подход, сочетающий в себе уменьшение затрат, увеличение добычи и минимизацию рисков, делает ПО MICROMINE важным инструментом в индустрии добычи полезных ископаемых.

В данной работе целью является выявить алгоритм оптимизации подземных выемочных единиц с применением ПО MICROMINE и выделить преимущества использование данного программного обеспечения.

**Ключевые слова:** оптимизация, выемочные единицы, блочная модель, поперечное сечение, мощность, проектирование.

**MICROMINE БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЖЕРАСТЫ КЕН ҚАЗУ ЖАБДЫҚТАРЫНЫҢ САНЫ МЕН САПАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ**

**Д.К. Ахметканов🖂, Л.Е. Тян, Е.Х. Абен, М. Елузах**

Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан,

е-mail: [d.akhmetkanov@satbayev.university](mailto:d.akhmetkanov@satbayev.university)

Мақалада қазба бірліктерін оңтайландыру алгоритмінің екі нұсқасы қарастырылған. Соңғы онжылдықтарда жерасты жағдайында көмір өндіру және басқа да пайдалы қазбаларды игеруде еңбек шығындарының артуы, реттеудің өзгеруі және процестерді оңтайландырудың тұрақты қажеттілігі сияқты өсіп келе жатқан қиындықтарға тап болды. Осы тұрғыда MICROMINE бағдарламалық жасақтамасы сияқты заманауи технологияларды енгізу жерасты кен игеру өндірісін оңтайландырудың бірегей мүмкіндіктерін ұсынады. Қазба бірліктерінің оңтайландырушысы кен орнын игеруден түскен жалпы пайданы барынша арттыру үшін өндірілуге қажет аналық блоктардың оңтайлы комбинациясын анықтайды. Бұл кейбір технологиялық шектеулерді ескереді. Егер, ашық кен жұмыстарын оңтайландыру жағдайында технологиялық шектеулер карьерлер бортының еңістерінің бұрыштарын білдірсе, онда қазба бірліктерін оңтайландыру кезінде қазба бірліктерінің ең аз мөлшері мен нысаны ескеріледі. Шығындарды азайтуды, өндірісті ұлғайтуды және тәуекелдерді азайтуды біріктіретін Экономикалық тәсіл MICROMINE-ді тау-кен өнеркәсібіндегі маңызды құралға айналдырады.

Бұл жұмыстың мақсаты MICROMINE бағдарламасының көмегімен жерасты кен игерудегі қазу бірліктерін оңтайландыру алгоритмін анықтау және осы бағдарламалық жасақтаманы пайдаланудың артықшылықтарын атап өту болып табылады.

**Түйін сөздер:** Оңтайландыру, кесу бірліктері, блоктық модель, көлденең қима, қуат, жобалау.

**OPTIMIZATION OF THE NUMBER AND QUALITY CHARACTERISTICS OF UNDERGROUND EXCAVATION EQUIPMENT USING MICROMINE SOFTWARE**

**D. Akhmetkhanov🖂, L. Tyan, E. Aben, M. Eluzakh**

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

е-mail: [d.akhmetkanov@satbayev.university](mailto:d.akhmetkanov@satbayev.university)

The article considers two variants of the algorithm for optimizing excavation units. In recent decades, coal mining and mining of other minerals in underground conditions have begun to face growing challenges, such as increased labor costs, regulatory changes and the constant need to optimize processes. In this context, the introduction of modern technologies such as MICROMINE software provides unique opportunities for optimizing underground mining units. The dredging Unit optimizer determines the optimal combination of parent blocks that need to be mined in order to maximize the overall profit from the development of the field. At the same time, some technological limitations are taken into account. If, in the case of optimization of open-pit mining, technological limitations mean the angles of the slopes of the sides of quarries, then the minimum dimensions and shape of the excavation units are taken into account when optimizing the excavation units. An economic approach combining cost reduction, increased production and risk minimization makes MICROMINE an important tool in the mining industry.

In this paper, the aim is to identify an algorithm for optimizing underground excavation units using MICROMINE software and highlight the advantages of using this software.

**Keywords:** Optimization, excavation units, block model, cross section, power, design.

**Введение.** MICROMINE — это интегрированное программное обеспечение для геологического и горнодобывающего моделирования, которое предоставляет инструменты для анализа и визуализации геологических данных, проектирования рудников и оптимизации процессов добычи. Сочетание геологического моделирования с технологиями оптимизации делает MICROMINE мощным инструментом для повышения эффективности подземных выемочных добычных единиц [1].

Преимущества оптимизации с использованием MICROMINE:

1. Геологическое моделирование: MICROMINE позволяет строить точные трехмерные модели рудных месторождений, что обеспечивает более детальное понимание структуры и характеристик залежей полезных ископаемых.

2. Проектирование подземных выемочных добычных единиц: С использованием MICROMINE можно разрабатывать оптимальные горные выработки, учитывая геологическую структуру и механические свойства горных пород.

3. Оптимизация добычи: Программное обеспечение предоставляет инструменты для оптимизации параметров добычи, учитывая экономические показатели, такие как затраты на труд и энергию.

Экономический подход к оптимизации:

1. Снижение Затрат: MICROMINE помогает снизить операционные затраты путем оптимизации местоположения выработок и рационального использования ресурсов.

2. Увеличение добычи: Оптимизация подземных выемочных единиц с использованием MICROMINE приводит к повышению эффективности добычи полезных ископаемых.

3. Минимизация рисков: Анализ данных и моделирование с помощью MICROMINE также позволяют минимизировать риски, связанные с неопределенностью геологических условий и изменением параметров добычи.

**Материалы и методы.** Рассмотрим два варианта алгоритма оптимизации выемочных единиц:

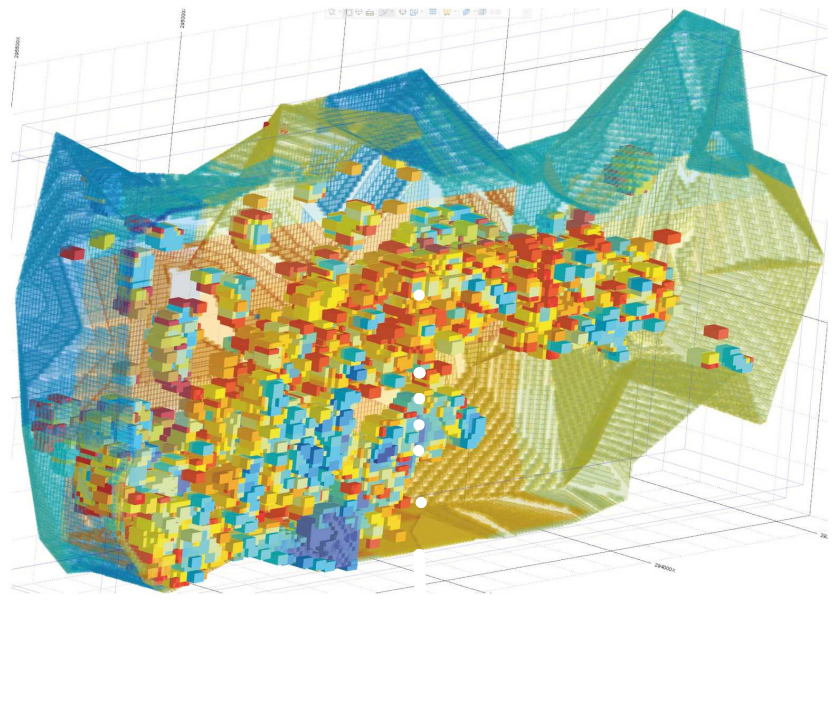
*Первый алгоритм «Оптимальная комбинация материнских блоков»*

Как и в случае с оптимизатором карьеров, принцип работы которого основывается на алгоритме Лерча-Гроссмана, или алгоритме псевдопотока, оптимизатор выемочных единиц в Майкромайн 2020 использует блочную модель месторождения. Каждому блоку модели присваивается соответствующая экономическая оценка, которая зависит от количества материала в блоке, затрат на извлечение блока и его переработку, а также цены реализации конечной продукции [2].

Как и оптимизатор карьера, оптимизатор выемочных единиц определяет оптимальную комбинацию материнских блоков, которые необходимо добыть, чтобы максимизировать общую прибыль от разработки месторождения. При этом учитываются некоторые технологические ограничения. Если в случае с оптимизацией открытых горных работ под технологическими ограничениями подразумеваются углы откосов бортов карьеров, то при оптимизации выемочных единиц учитываются минимальные размеры и форма выемочных единиц.

Итоговая выемочная единица и ее параметры зависят от параметров материнских блоков блочной модели. Ни один из существующих оптимизаторов не может работать напрямую с субблочными моделями, потому что данные алгоритмы предполагают, что все блоки модели имеют одинаковый размер. Если для оптимизации используется субблочная модель, то блоки модели автоматически «регуляризуются» до размеров материнского блока [3].

Таким образом, первый инструмент работает с материнскими блоками блочной модели и позволяет определить оптимальные координаты для выемочных единиц с учетом заданного минимального размера и формы. Он также предоставляет множество дополнительных опций, таких как учет зон исключения, возможность использования осевых стрингов подземных выработок и отметок горизонтов, чтобы контролировать расположение создаваемых выемочных единиц (рисунок 1).

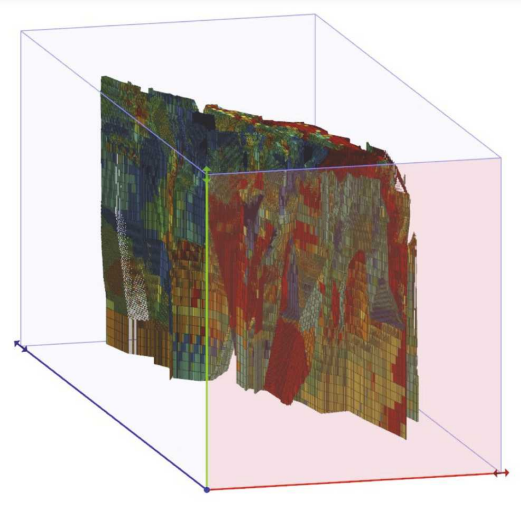


**Рис. 1 – Пример результата работы первого алгоритма для мощного рудного тела**

*Второй алгоритм «Комбинация частей, полученных по заданной сетке»*

Если рассмотреть в поперечном сечении направление очистных работ, некоторые системы разработки подразумевают формирование выемочных единиц по регулярной сети. В то время как первый инструмент определяет оптимальные координаты выемочных единиц с учетом заданного минимального размера и формы, новый подход позволяет задать требования к форме поперечного сечения относительно двумерной сетки, а также к ее положению и ориентации относительно рудного тела. Затем данный инструмент проецирует выемочные единицы из ячеек сетки нарудное тело и разделяет его на тонкие части (срезы), для которых определяется экономическая оценка [4]. Используя минимальную и максимальную длину выемочной единицы, параметры разделения, а также параметры ближней и дальней зоны разубоживания, алгоритм поиска решений комбинирует ранее созданные части таким образом, чтобы сформировать выемочную единицу, удовлетворяющую заданной оценке или требуемому содержанию[5].

В отличие от первого алгоритма, для которого степень детализации выемочной единицы определяется размерами блоков регуляризированной блочной модели, второй работает с каркасами, нарезая блоки в соответствии с параметрами выемочных единиц, границами рудного тела и зонами исключения. В результате степень детализации выемочной единицы соответствует мощности одного среза, которую можно задать (рисунок 2,3). Таким образом, второй алгоритм хорошо подходит для детального проектирования [6].



**Рис. 2 – Интерактивное размещение границ сетки для второго алгоритма**

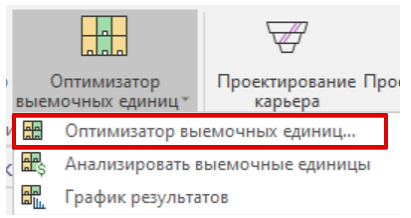
Изображение выглядит как искусство, кирпич

Автоматически созданное описание

**Рис. 3 -Пример результата работы второго алгоритма для жильного рудного тела**

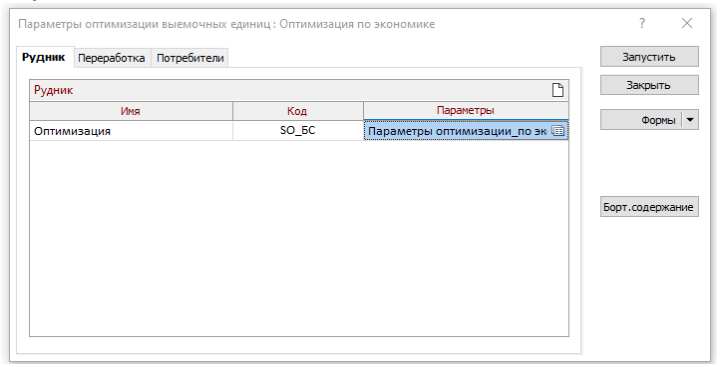
*Рабочий процесс оптимизации ВЕ. Параметры оптимизации(рудник).*

Для оптимизации необходимо использовать функцию Оптимизация выемочных единиц на ленте Горные работы (рисунок 4).



**Рис. 4 - Функция Оптимизация выемочных единиц**

Далее необходимо настроить параметры оптимизации на трех вкладках Рудник, Переработка и Потребители. Если Вы производите оптимизацию по бортовому содержанию, то заполняется только вкладка Рудник (рисунок 5).



**Рис. 5 - Параметры оптимизации**

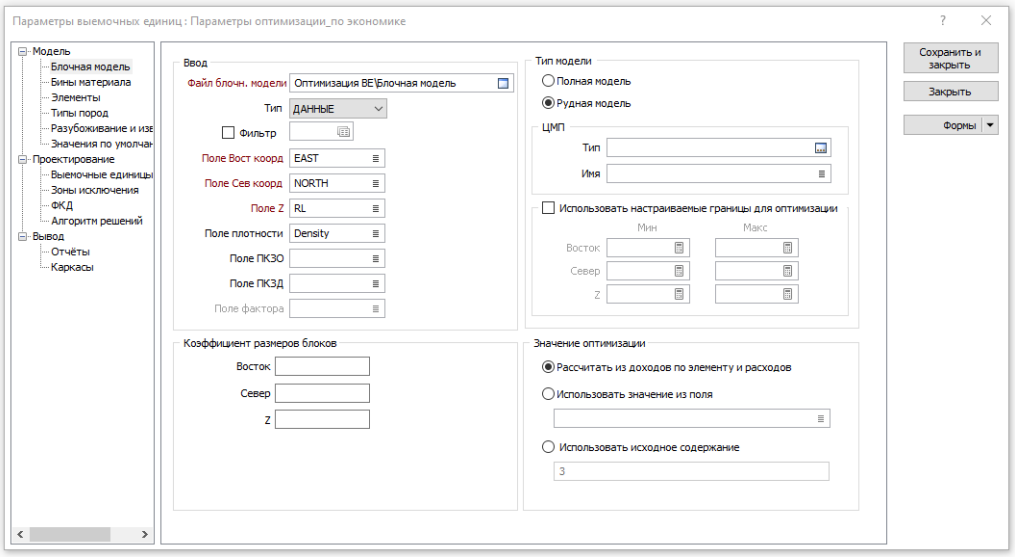
Имя: Введите название месторождения, по которому вы будете выполнять оптимизацию.

Код: Введите идентификационный код, который будет присвоен месторождению. Этот код будет использоваться для идентификации месторождения в отчетах.

Параметры: Необходимо создать или выбрать существующий набор форм с параметрами оптимизации.

*Вкладка блочная модель*

На вкладке необходимо выбрать блочную модель, определить её Тип. Если блочная модель рудная Вы можете ограничить оптимизацию ЦМП или координаторами. При использовании полной БМ ограничения будут получены из блочной модели. В выемочных единицах, которые будут частично находиться за пределами полной БМ, расчеты показателей будут только по той части, которая внутри БМ (рисунок 6).



**Рис. 6 - Вкладка блочной модели**

*Поле ПКЗО*

Поправочный коэффициент затрат на обогащение определяет только те затраты, которые будут понесены, если руда пройдет переработку на обогатительной фабрике. Эти затраты вводятся в виде фактора относительно "стандартного блока", который имеет поправочный коэффициент на затраты на обогащение, равный 1.

*Поле ПКЗД*

Поправочный коэффициент затрат на добычу определяет только те затраты, которые будут понесены, если блок будет добыт. Затраты, не учитываемые при остановке добычных работ, не влияют на коэффициент поправки для добычных работ. Эти затраты вводятся в виде фактора относительно "стандартного блока", который имеет поправочный коэффициент затрат на добычу, равный 1.

Если это поля ПКЗД и ПКЗО оставлены пустыми, либо значения в указанных полях отсутствуют, тогда будет применяться значение по умолчанию, заданный во вкладке Значения по умолчанию.

*Поле факторов*

Если вы используете факторную модель для оптимизации, укажите имя поля, которое содержит фактор для каждого блока модели.

Методы определения значения оптимизации (рисунок 7):

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

**Рис. 7 – Значение оптимизации**

*Рассчитать из доходов по элементу и расходов*

Выберите эту опцию, чтобы вычислить значение оптимизации для каждого блока из заданных экономических параметров.

Значение каждого рудного блока (доход от элемента - затраты на переработку - затраты на добычу руды - затраты на извлечение элемента - затраты на продажу) сравнивается со значением породы (то есть стоимость добычи пустой породы) для всех методов переработки. Если денежный поток руды больше денежного потока пустой породы, тогда элементы материала обрабатываются как РУДА. В противном случае элементы обрабатываются как ПОРОДА.

*Использовать значение из поля*

Выберите поле блочной модели, в котором будет предварительно рассчитаны значение оптимизации (разница между доходом и расходом).

*Использовать исходное содержание*

В данном случаи задается бортовое содержание. В итоговых ВЕ содержание будут больше или равно заданному значению.

*Вкладка Бины материала.* На данной вкладке задаются добываемые материалы, например сорта руды. Данная вкладка является необязательной для заполнения. Если вы не хотите как-либо классифицировать ваши материалы, вы можете оставить ее пустой.

*Вкладка Элементы.* На вкладке Элементы задаются элементы из блочной модели, которые будут участвовать в процессе переработки.

*Вкладка Разубоживание и извлечение.* На данной вкладке необходимо указать значения потерь и разубоживания. Значение можно задавать в факторах или процентах.

*Разубоживание.* Разубоживание выражается как в ФАКТОРАХ, так и в ПРОЦЕНТАХ. Если вы используете фактор, то введите значение, которое больше или равно 1. Значение 1 – нет разубоживания. Фактор разубоживания показывает, какое количество пустой породы будет добыто вместе с рудой. Данный коэффициент влияет на добытый объем по всем блокам. Другими словами, если объем блока равен 100, разубоживание равно 1.2, тогда переработанный объем будет равен 120, а содержания полезного компонента соответственно разубожены. Чтобы преобразовать проценты в факторы, необходимо сделать следующее вычисление (ПРОЦЕНТЫ / 100) + 1. Если разубоживание равно 50%, тогда значение фактора равно 1.5.

Укажите Поле извлечения/потерь, если вы хотите использовать различные значения извлечения для каждого блока вместо того, чтобы использовать постоянное значение. Для расчета тоннажа добытой руды можно использовать 2 формулы:

1. Порода/Руда

Тоннаж добытой руды = Тоннаж руды в недрах × Извлечение × (1+Разубоживание)

1. Порода/(Руда+ Порода)

Тоннаж добытой руды =Тоннаж руды в недрах × Извлечение × 1

*Извлечение/Потери.* Извлечение – это величина обратная потерям (то есть, если ваши потери, при извлечении из недр, составляют 10%, то извлечение составит 90%). Введите значение Извлечения, которое больше нуля и меньше или равно 1. Коэффициент извлечения показывает количество руды, которое может быть извлечено из карьера и отправлено на переработку. Он влияет на объем каждого блока. Единицы извлечения/потерь могут быть выражены в ФАКТОРАХ или ПРОЦЕНТАХ. Например, если объем блока равен 100, а фактор извлечения равен 0.9, это означает, что 90% блока может быть извлечено, а 10% будет потеряно. Добытый и переработанный тоннаж будет 90 (то есть 100 \* 0.9) [7,8].

*Вкладка Значение по умолчанию.* Данная вкладка используется для определения значений по умолчанию: Плотности, ПКЗО и ПКЗД для руды и породы. Когда цена добычи и переработки изменяется на различных горизонтах или ниже ЦМП, то изменяемые условия можно прописать во вкладке Значения по умолчанию .

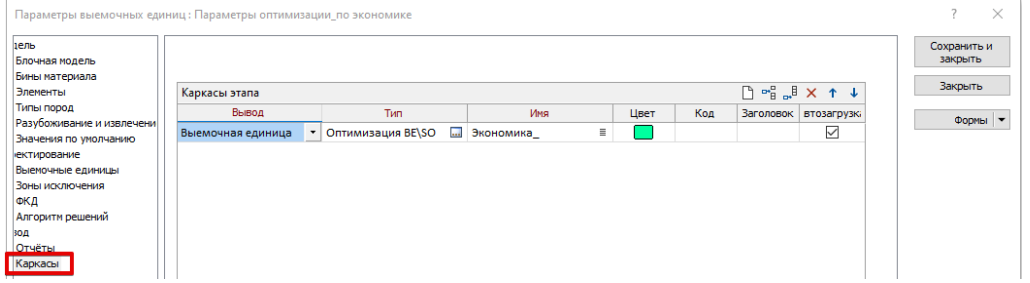
*Вкладка Выемочные единицы.* Данная вкладка позволяет выбрать алгоритм для создания выемочных единиц. Также здесь можно указать области в виде каркаса или заданных координат, чтобы использовать для них разные параметры выемочных единиц.

*Параметры выемочных единиц.* В зависимости от выбранного алгоритмам (метода) оптимизации формы диалогового окна Параметры выемочных единиц будут отличаться. Рассмотрим параметры на примере оптимизации методом срезов.

*Вкладка Зоны исключения.* Здесь Вы можете исключить/обрезать результаты оптимизации в пределах или за пределами выбранных каркасов или контуров.

*Вкладка Отчеты.* Позволяет настроить отчеты по выемочным единица или по срезам, которые участвовали в оптимизации, для анализа результатов. Также можно использовать функцию Генератор отчетов для создания отчета пользовательской структуры и наполнений.

*Вкладка Каркасы.* На вкладке каркасы необходимо указать Тип и Имя (префикс имени) для итоговых выемочнх едениц. Также Вы можете создать отдельно каркасы Ближней и дальней зоны разубоживания и каркасы с учетом этих зон (выемочная еденицы) и без (ядро) (рисунок 8).



**Рис. 8 - Функции каркаса**

**Результаты и обсуждение.** Так как настройки модулей «Оптимизатор карьеров» и «Оптимизатор выемочных единиц» в MICROMINE практически идентичны, достаточно освоить один из модулей, чтобы перейти к работе со вторым. Кроме того, оба этих модуля используют встроенные в MICROMINE алгоритмы поиска оптимальных решений, поэтому нет необходимостив дополнительных финансовых вложениях в лицензии сторонних оптимизационных решений [7,9].

Описанные в статье инструменты оптимизации выемочных единиц используют разные подходы к решению задачи, поэтому каждый из них имеет свои плюсы и минусы.

Первый алгоритм, который формирует выемочные единицы из комбинации материнских блоков, требует минимальных предварительных знаний об оптимальных координатах расположения выемочных единиц, об ориентации рудного тела или о системе разработки. Это делает его очень подходящим для проектов «с нуля» и для выполнения технико-экономического обоснования [10]. Он также подходит для определения внешних экономических границ для больших рудных тел.

Второй алгоритм требует более глубоких знаний о структуре рудного тела и предполагаемой системе разработки, что делает его более подходящим для уже разрабатываемых месторождений и детального проектирования подземных рудников. Кроме того, он дает более качественные результаты для жильных рудных тел, чем первый, при использовании которого выемочные единицы, вероятно, будут более грубыми.

**Выводы.** Использование программного обеспечения MICROMINE для оптимизации подземных выемочных добычных единиц открывает новые возможности для улучшения эффективности горнодобывающих операций. Экономический подход, сочетающий в себе уменьшение затрат, увеличение добычи и минимизацию рисков, делает MICROMINE важным инструментом в индустрии добычи полезных ископаемых. Решения, основанные на этом программном обеспечении, могут существенно влиять на конкурентоспособность предприятий в условиях постоянно меняющейся горнодобывающей среды.

**Литература**

1. MICROMINE технологии нового поколения для горной добычи (Редакция от 07.07.2023) –URL: <https://www.micromine.kz/2023-5-release/> (Дата обращения 09.01.2024)

2. Мигер К., Димитракопулос Р., Эйвис Д. Оптимизация метода проектирования карьера, размера выемочных блоков и проблема межблочного интервала //Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 2014. - № 3. - С. 96–117.

3. Капутин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ // Недра. -Санкт-Петербург, 2004. – 334 с.

4. Должиков П.Н., Величко Н.М., Должикова А.П., Основы экономики и управления горным предприятием: учебное пособие // Норд-пресс. - Донецк.- 2009. – 200 с.

5. Тонких А.И.и др. Технико-экономические расчеты при подземной разработке рудных месторождений: учеб. Пособие. - Изд-во ДВГТУ, Владивосток, 2007. -137 с.

6. Холл Брайан. Бортовые содержания и оптимизация стратегии Р85 горных работ. Пер. с англ. -Правовед, Екатеринбург, 2017. - 380 с.

7.Уткина С.И. Экономика горного предприятия. -М: Изд-во Московского государственного горного университета, 2003. - 262 с.

8. В. Мамлеев Планирование открытых горных работ в программе Micromine Alastri.// Глобус.-2022.- № 3 (72).- С. 116-119

9. К. А. Филимонов В. А. Карасёв / Технология подземных горных работ– [Электронный ресурс]: учебное пособие. -Кемерово, КузГТУ, 2013.-110 с.

10. Л. Н. Кузина, C.Ф. Богдановская, Ж.В. Миронова Экономика горного производства:

Практикум. -Красноярск, Сиб. федер. ун-т, 2011. -140 с.

**References**

1. MICROMINE tekhnologii novogo pokoleniya dlya gornoi dobychi (Redaktsiya ot 07.07.2023) –URL: https://www.micromine.kz/2023-5-release/ (Data obrashcheniya 09.01.2024) [in Russian]

2. Miger K., Dimitrakopulos R., Eivis D. Optimizatsiya metoda proektirovaniya kar'era, razmera vyemochnykh blokov i problema mezhblochnogo intervala //Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh. - 2014. - № 3. - S. 96–117. [in Russian]

3. Kaputin Yu.E. Informatsionnye tekhnologii planirovaniya gornykh rabot // Nedra. -Sankt-Peterburg, 2004. – 334 s. [in Russian]

4. Dolzhikov P.N., Velichko N.M., Dolzhikova A.P., Osnovy ekonomiki i upravleniya gornym predpriyatiem: uchebnoe posobie // Nord-press. - Donetsk.- 2009. – 200 s. [in Russian]

5. Tonkikh A.I.i dr. Tekhniko-ekonomicheskie raschety pri podzemnoi razrabotke rudnykh mestorozhdenii: ucheb. Posobie. - Izd-vo DVGTU, Vladivostok, 2007. -137 s. [in Russian]

6. Kholl Braian. Bortovye soderzhaniya i optimizatsiya strategii R85 gornykh rabot. Per. s angl. -Pravoved, Ekaterinburg, 2017. - 380 s. [in Russian]

7.Utkina S.I. Ekonomika gornogo predpriyatiya. -M: Izd-vo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2003. - 262 s. [in Russian]

8. V. Mamleev Planirovanie otkrytykh gornykh rabot v programme Micromine Alastri.// Globus.-2022.- № 3 (72).- S. 116-119 [in Russian]

9. K. A. Filimonov V. A. Karasev / Tekhnologiya podzemnykh gornykh rabot– [Elektronnyi resurs]: uchebnoe posobie. -Kemerovo, KuzGTU, 2013.-110 s. [in Russian]

10. L. N. Kuzina, C.F. Bogdanovskaya, Zh.V. Mironova Ekonomika gornogo proizvodstva:

Praktikum. -Krasnoyarsk, Sib. feder. un-t, 2011. -140 s. [in Russian]

***Сведения об авторах***

Ахметканов Д.К. - канд.техн.наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, e-mail: [d.akhmetkanov@satbayev.university](mailto:d.akhmetkanov@satbayev.university);

Тян Л.Е. -магистрант Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, e-mail: [laura301201@mail.com](mailto:laura301201@mail.com);

Абен Е.Х. - канд.техн.наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, e-mail: [y.aben@satbayev.university](mailto:y.aben@satbayev.university);

Елузах М. - канд.техн.наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, e-mail: [m.yeluzakh@satbayev.university](mailto:m.yeluzakh@satbayev.university)

***Information about the authors***

D.Akhmetkanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [d.akhmetkanov@satbayev.university](mailto:d.akhmetkanov@satbayev.university);

L.Tyan - undergraduate student Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [laura301201@mail.com](mailto:laura301201@mail.com);

Абен Е.Х. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [y.aben@satbayev.university](mailto:y.aben@satbayev.university);

Елузах М. -Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [m.yeluzakh@satbayev.university](mailto:m.yeluzakh@satbayev.university)

МРНТИ 38.33.25

**НЕФТЕМАТЕРИНСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ АРЫСКУМСКОГО ПРОГИБА ЮЖНО-ТОРГАЙСКОГО БАССЕЙНА**

**1Р.К. Мадишева, 1Г.М. Жексенбаева🖂, 1Р.К. Адилханов, 1А.Б. Демеуова,**

**1Г.Б. Амангельдиева, 2М.Б. Умирзакова**

1Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Караганда, Казахстан,

2Акционерное общество «КазАзот» филиал «Шагырлы – Шомышты»,

**🖂** Корреспондент-автор: Gulmira\_zh91[@mail.ru](mailto:makpal0787@mail.ru)

Цель данного исследования заключается в изучении и оценке нефтематеринского потенциала пород мезозойских отложений Арыскумского прогиба методом Rock-Eval. Результаты анализа методом пиролиза позволяют получить несколько важных показателей, связанных с формированием нефти, таких как содержание свободных углеводородов, остаточное содержание углеводородов, уровень термической зрелости образца, количество химически активного органического вещества. Для достижения поставленной цели выполнялись следующие задачи: 1. Оценка нефтегенеративного потенциала; 2. Определение стадии термической зрелости органического вещества и типа керогена.

По результатам геохимических исследований органического вещества установлено, что концентрации общего органического углерода (TOC) в образцах пород указывает на различный генеративный потенциал этих пород, охватывая диапазон от бедного до богатого. Это свидетельствует о потенциале этих пород для генерации углеводородов. Значения Tmax, которые позволяют оценить термическую зрелость органического вещества и его способность к нефтегенерации, свидетельствуют о том, что органическое вещество исследуемых образцов может быть классифицировано как зрелое с возможностью генерации нефти и низкой степенью зрелости. Параметр S1+S2 позволил классифицировать исследованные образцы как нефтегенерирующие с умеренным потенциалом и газогенерирующие.

Эти выводы подчеркивают важность геохимических исследований органического вещества и пиролитического анализа пород для оценки их генетического, нефтегазоносного и зрелостного потенциала.

**Ключевые слова:** пиролиз, нефтематеринские породы, Арыскумский прогиб, органическое вещество, тип керогена.

**ОҢТҮСТІК ТОРҒАЙ БАССЕЙНІНІҢ АРЫСҚҰМ ИІЛІМДЕГІ ЮРА ШӨГІНДІЛЕРІНІҢ МҰНАЙАНАЛЫҚ ПОТЕНЦИАЛЫ**

**1Р.К. Мадишева, 1Г.М. Жексенбаева🖂, 1Р.К. Адилханов, 1А.Б. Демеуова,   
 1Г.Б. Амангельдиева, 2М.Б. Умирзакова**

1«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Қарағанды, Қазақстан,

2«КазАзот» акционерлік қоғамы «Шагырлы – Шомышты» филиалы, Қарағанды, Қазақстан,

e-mail: Gulmira\_zh91[@mail.ru](mailto:makpal0787@mail.ru)

Бұл зерттеудің мақсаты-Rock-Eval әдісімен Арысқұмның мезозой шөгінділері жыныстарының мұнайаналық потенциалын зерттеу және бағалау. Пиролиз әдісімен талдау нәтижелері мұнайдың түзілуіне байланысты бірнеше маңызды көрсеткіштерді алуға мүмкіндік береді, мысалы, бос көмірсутектердің мөлшері, көмірсутектердің қалдық мөлшері, үлгінің термиялық жетілу деңгейі, химиялық белсенді органикалық заттардың мөлшері. Мақсатқа жету үшін келесі міндеттері орындалды: 1. Мұнайдың генеративті потенциалын бағалау; 2. Органикалық заттардың термиялық жетілу кезеңін және кероген түрін анықтау.

Органикалық заттардың геохимиялық зерттеулерінің нәтижелері бойынша тау жыныстарының үлгілеріндегі жалпы органикалық көміртектің (TOC) концентрациясы кедей көрсеткіштен бай көрсеткішке дейінгі диапазонды қамтитын осы жыныстардың әртүрлі генеративті потенциалын көрсететіні анықталды. Бұл осы тау жыныстарының көмірсутектерді өндіру потенциалын көрсетеді. Органикалық заттардың термиялық жетілуін және оның мұнай өндіру қабілетін бағалауға мүмкіндік беретін Tmax мәндері зерттелетін үлгілердің органикалық заттарын мұнай өндіру мүмкіндігімен және төмен жетілу дәрежесімен жетілген деп жіктеуге болатынын көрсетеді. S1+S2 параметрі зерттелген үлгілерді орташа потенциалды мұнай өндіретін және газ өндіретін деп жіктеуге мүмкіндік берді.

Бұл тұжырымдар органикалық заттардың геохимиялық зерттеулерінің және олардың генетикалық, мұнай-газ және жетілу потенциалын бағалау үшін тау жыныстарын пиролитикалық талдаудың маңыздылығын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** пиролиз, мұнайаналық жыныстар, Арысқұм иілімі, органикалық заттар, кероген түрі.

**THE OIL-PRODUCING POTENTIAL OF THE JURASSIC DEPOSITS OF THE ARYSKUM DEPRESSION OF THE SOUTH TORGAI BASIN**

**1R.K. Madisheva, 1G.M. Zhexenbayeva🖂, 1R.K. Adilkhanov, 1A.B. Demeuova,**

**G.B. Amangeldiyeva1, M.B. Umirzakova2**

1Non-profit Joint Stock Company «[Abylkas Saginov Karaganda Technical University»](https://www.kstu.kz/rules-encouraging-teaching-staff-employees-based-results-publications-scientific-journals-granting-patents-inventions-abylkas-saginov-karaganda-technical-university/?lang=en), Karaganda, Kazakhstan,

2 Joint Stock Company «KazAzot» branch «Shagyrly – Shomyshty», Karaganda, Kazakhstan,

e-mail: Gulmira\_zh91[@mail.ru](mailto:makpal0787@mail.ru)

The purpose of this study is to study and evaluate the oil source potential of the Mesozoic rocks of the Aryskum depression using the Rock-Eval method. The results of analysis by pyrolysis method allow us to obtain several important indicators related to the formation of oil, such as the content of free hydrocarbons, residual hydrocarbon content, the level of thermal maturity of the sample, and the amount of reactive organic matter. To achieve this goal, the following tasks were performed: 1. Assessment of oil-generating potential; 2. Determination of the stage of thermal maturity of organic matter and the type of kerogen.

Based on the results of geochemical studies of organic matter, it was found that the concentration of total organic carbon (TOC) in rock samples indicates the different generative potential of these rocks, covering the range from poor to rich. This indicates the potential of these rocks to generate hydrocarbons. The Tmax values, which allow us to assess the thermal maturity of organic matter and its ability to generate oil, indicate that the organic matter of the studied samples can be classified as mature with the ability to generate oil and a low degree of maturity. The S1+S2 parameter made it possible to classify the studied samples as oil-generating with moderate potential and gas-generating.

These findings highlight the importance of geochemical studies of organic matter and pyrolytic analysis of rocks to assess their genetic, petroleum and maturity potential.

**Keywords:** pyrolysis, oil source rocks, Aryskum depression, organic matter, kerogen type.

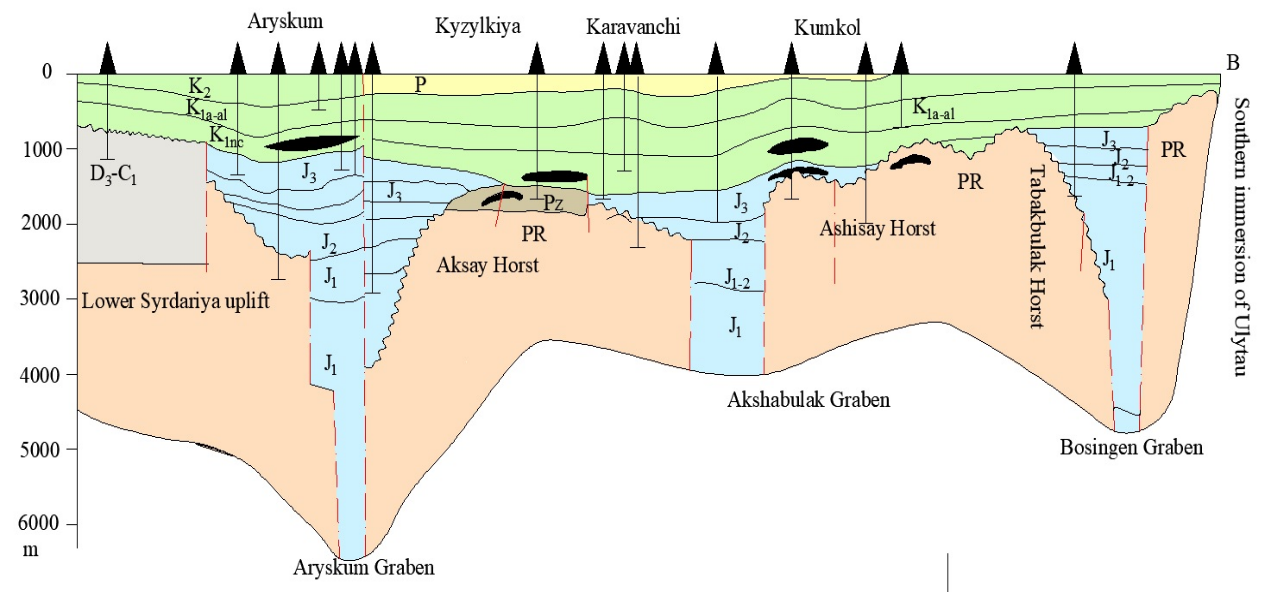
**Введение.** Исследование методом пиролиза—это важный инструмент для геохимического анализа горных пород, используемый геохимиками-нефтяниками. В данной методике применяется программируемый пиролиз с открытой системой, при котором применяются ступенчатые режимы нагрева к тщательно подготовленным образцам между заданными температурными порогами. Первоначально образцы подвергаются пиролизу в инертной атмосфере, что позволяет образоваться нефтяным флюидам, а затем происходит их окисление в окисляющей среде. Метод обладает несколькими ключевыми преимуществами: 1) обеспечивает быстрое получение полезных измерений, характеризующих исходную породу; 2) потребляет очень малое количество пробы во время анализа, что делает его привлекательным для исследования керна скважин и шлама [1].

Результаты анализа позволяют получить нескольких важных показателей, связанных с формированием нефти, таких как содержание свободных углеводородов, остаточное содержание углеводородов, уровень термической зрелости образца, количество химически активного органического вещества, присутствие карбонатных минералов и качество органического вещества [2].

Геологическая характеристика. Южно-Торгайский бассейн имеет северо-западное направление и занимает площадь 8×104 км2. Он представляет собой рифтовую депрессию, расположенную между Нижнесырдарьинским сводом и массивом Улытау. На сегодняшний день в бассейне обнаружено более 50 месторождений нефти и газа. Промышленная нефтегазоносность этого региона доказана в 1984 году после обнаружения фонтана нефти в первой поисковой скважине на площади Кумколь [3, 4].

По особенностям структурного плана в бассейне выделяются две области прогибания - Арыскумский и Жыланшикский прогибы и разделяющая их Мынбулакская седловина. Арыскумский прогиб характеризуется высокой концентрацией углеводородов на единицу площади. Геологическая структура прогиба представлена двухъярусной структурой - на нижнем уровне преобладают глубокие грабены, состоящие из терригенных юрских отложений, и между ними находятся горстообразные выступы, представленные формациями доюрского возраста [5]. Вершины палеозойских выступов могут состоять из разрушенных пород, что создает условия для образования нефтегазовых месторождений. На верхнем уровне прогиба преобладают терригенные породы, в основном мелового и кайнозойского возраста, которые покрывают более древние отложения (Рисунок. 1).

Глубина фундамента уменьшается в северном направлении, и наибольшая глубина наблюдается в центральной части Южно-Торгайского бассейна в районе разлома Каратау [6].

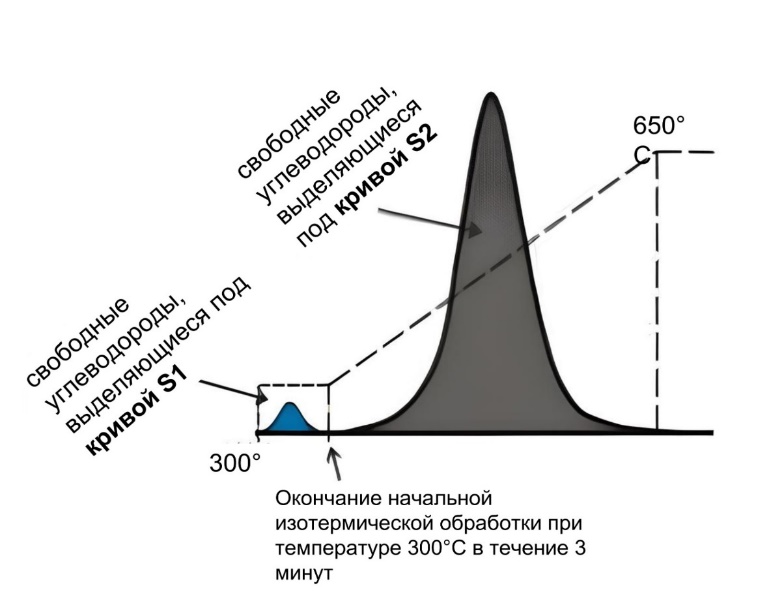
****

**Рис. 1 - Геологический профиль Южно-Торгайского бассейна [6]**

*Условные обозначения: J1–нижняя юра, J2–средняя юра, J3–верхняя юра, K1a-al–нижний мел, K2–верхний мел, Pz–палеозой, PR–протерозой, D3-C1–верхний девон-нижний карбон*

**Материалы и методы.** Геохимические исследования органического вещества включают пиролитический анализ, проводимый на анализаторе Source Rock Analyzer (SRA-TPH/TOC) в лаборатории Weatherford Laboratories Instruments Division’s. В ходе анализа керн измельчается и просеивается через 40-mesh ситу. Далее определяется количество свободных углеводородов (S1) и нелетучих органических веществ (S2) в миллиграммах на грамм породы. Также проводится измерение общего органического углерода (TOC) и температура (Tmax) во время пиролиза, при которой происходит максимальное высвобождение углеводородов из трещин керогена. Эти данные необходимы для получения информации о нефтегазоносности породы и ее потенциальной способности к генерации углеводородов [7].

**Результаты и обсуждения.** Цикл окисления следует за циклом пиролиза, в ходе которого образцы сжигаются в присутствии кислорода. Для встроенной программы Rock-Eval существуют различные методы, такие как «основной метод/метод насыпных пород» и «метод чистого органического вещества», которые могут быть выбраны в зависимости от типа анализируемого образца. При использовании метода «основной/насыпной породы», образец сначала выдерживается в изотермическом режиме при температуре 300°C в течение 3 минут (Рисунок. 2) [8].



**Рис. 2 - Обобщенная диаграмма, показывающая пики оценки горных пород от S1 до S2, обычно полученные с использованием базового метода оценки горных пород**

Во время данной фазы, свободные молекулы углеводородов или те, которые легко испаряются или слабо связаны с матрицей образца, высвобождаются, образуя пар, который регистрируется как составляющий кривую S1 оценки породы. Такой выделяющийся пар обнаруживается ионизационным детектором (FID). После 3-минутной начальной изотермической стадии, образцы нагреваются в течение цикла пиролиза систематически небольшими равномерными шагами по шкале нагрева от 300°C до заданной конечной температуры (650°C или 800°C).

Во время этой второй стадии пиролиза происходит доступ к молекулам углеводородов и структурам органического вещества или керогена, их высвобождение и расщепление на более мелкие и летучие молекулы углеводородов. При подобных более высоких температурах, аналогичных температурам, используемым в процессах крекинга на нефтеперерабатывающих заводах, более тяжелые пиролизаты, содержащиеся в керогене, высвобождаются и превращаются в пар. Эти пары снова обнаруживаются FID и записываются для построения кривой S2. Таким образом, значения S2 указывают на остаточную способность образца к образованию нефти, то есть количество нефти, которое мог бы произвести образец, если бы он был взят естественным путем в течение геологического времени через полный цикл термического созревания (в зону термической зрелости сухого газа).

Подробные характеристики формы и температуры пика S2 широко используются для классификации нефтеобразующего потенциала керогенов. Максимумы температуры, при которых образуется максимальное количество пиролизатов в пределах S2, пиковые значения обозначаются как Tmax, который широко используется в качестве показателя термической зрелости (Рисунок. 3). Чем более термически зрел образец, тем более стабильными становятся его остаточные углеводородные фрагменты (или молекулярные компоненты), то есть, те, которые остаются после того, как летучие или похожие на нефть молекулы удаляются как часть пика S1. Остаточные углеводородные фрагменты требуют более высоких температур для расщепления и образования дополнительных молекул, связанных с нефтью. Значительным улучшением Rock-Eval 6 по сравнению с более ранними моделями является расположение датчика, контролирующего температуру пиролиза [6, 9].

Максимальный параметр в Rock-Eval 6, таким образом, является произвольным показателем зрелости, применяемым к температурному пику S2, и не отражает истинную температуру, а используется только для обеспечения единообразия в геохимической классификационной схеме для аналитиков. Показатель Tmax, с другой стороны, рассчитывается таким образом, чтобы получить приблизительно одинаковое значение для конкретного образца при различных скоростях нагрева, и, таким образом, обеспечивает полезный показатель термической зрелости этого образца [6, 10].

Форма пирограмм S2 дает представление о типе керогена и его термической зрелости: кероген I типа обладает высоким потенциалом образования углеводородов. В то время как кероген III-IV типов имеет более низкий потенциал образования нефти. Также стоит учитывать, что мигрировавшие углеводороды в образцах могут оказывать влияние на оценку породы, основанную на полученных пирограммах.

Количество органического вещества в горных породах, керогене, а также присутствие углеводородов в образце определяются параметром общего органического углерода (TOC), и относительная способность исходной породы генерировать углеводороды зависит от качества и количества органического вещества.

Результаты геохимического исследования, представлены в таблице 1, где концентрация общего органического углерода (TOC) варьирует от 0,47% до 1,41%. Образцы с низкими значениями TOC (<0.5) были исключены из анализа для корректной интерпретации данных пиролиза. Согласно классификации нефтегазоматеринских пород, исследованные образцы обладают генеративным потенциалом от плохого (бедного) до хорошего (богатого) в зависимости от концентрации TOC. Представленные в таблице 1 результаты геохимического анализа образцов каменного материала кумкольской свиты верхней юры (J3km) и арыскумской свиты нижнего мела (K1nc1ar) свидетельствуют о том, что концентрация общего органического углерода (ТОС) варьирует от 0.47 до 1.41 % [6, 11].

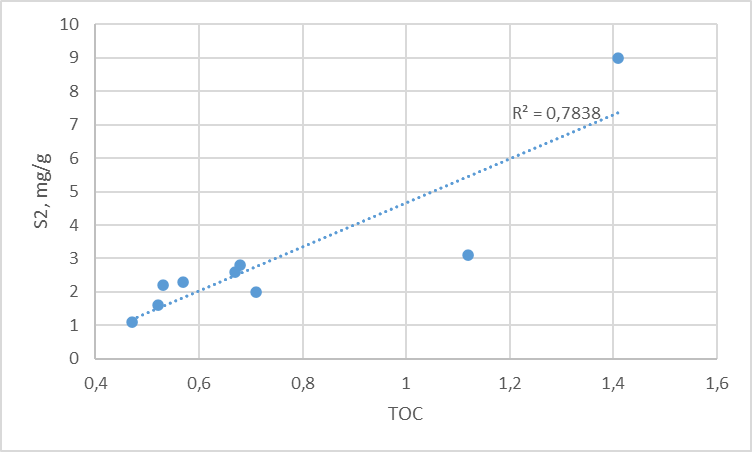
**Таблица 1 - Геохимическая характеристика по пиролитическому анализу отложений Арыскумского прогиба Южно-Торгайского бассейна, Казахстан**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Formation | Depth | TOC | S1 | S2 | S1+S2 | Tmax | S1/TOC | OSI |
| 1 | K1nc1ar | 1682.9 | 0.52 | 0.97 | 1.6 | 2.57 | 413.02 | 0.187 | 187 |
| 2 | K1nc1ar | 1686.4 | 0.53 | 0.57 | 2.2 | 2.77 | 437.49 | 0.108 | 108 |
| 3 | K1nc1ar | 1687.43 | 1.12 | 2.05 | 3.1 | 5.15 | 445.16 | 0.183 | 183 |
| 4 | J3km | 1880.45 | 0.67 | 0.3 | 2.6 | 2.9 | 434.19 | 0.045 | 45 |
| 5 | J3km | 1883.85 | 0.47 | 0.24 | 1.1 | 1.34 | 440.33 | 0.051 | 51 |
| 6 | J3km | 1887.67 | 0.57 | 0.37 | 2.3 | 2.67 | 432.6 | 0.065 | 65 |
| 7 | J3km | 1896.54 | 0.68 | 0.49 | 2.8 | 3.29 | 330.67 | 0.072 | 72 |
| 8 | J3km | 1897.19 | 0.71 | 0.22 | 2 | 2.22 | 437.8 | 0.031 | 31 |
| 9 | J3km | 1897.36 | 1.41 | 1.65 | 9 | 10.65 | 434.11 | 0.117 | 117 |

Исходя из этой информации, можно сделать вывод, что образцы нефтегазоматеринских пород, у которых концентрация общего органического углерода (TOC) ниже 0,5%, были исключены из анализа. Это позволило правильно интерпретировать данные пиролиза, так как количество органического вещества существенно влияет на потенциал породы для генерации нефти. Также, исходя из классификации нефтегазоматеринских пород, можно сделать вывод, что исследованные образцы обладают потенциалом от плохого (бедного) до хорошего (богатого), и это связано с различными концентрациями общего органического углерода (TOC) [6].

Хант предложил использовать отношение S1 к содержанию органического углерода (TOC) для выделения мигрировавших углеводородов или загрязняющих веществ в образце. Значения коэффициента S1/TOC>1,5 указывают на присутствие мигрировавших углеводородов или загрязняющих веществ, в то время как значения менее 1,5 указывают на присутствие коренных углеводородов или углеводородов in situ. Индекс нефтенасыщенности (OSI), рассчитываемый как (S1/TOC)\*100, должен превышать 100 мг HC/г TOC для насыщенных сланцев. Однако, OSI>150 мг HC/г TOC указывает на наличие в образце загрязнений, связанных с бурением, или мигрировавшей нефти. Эти методы являются важным инструментом для оценки наличия нефти и других углеводородов в породах [12, 13].

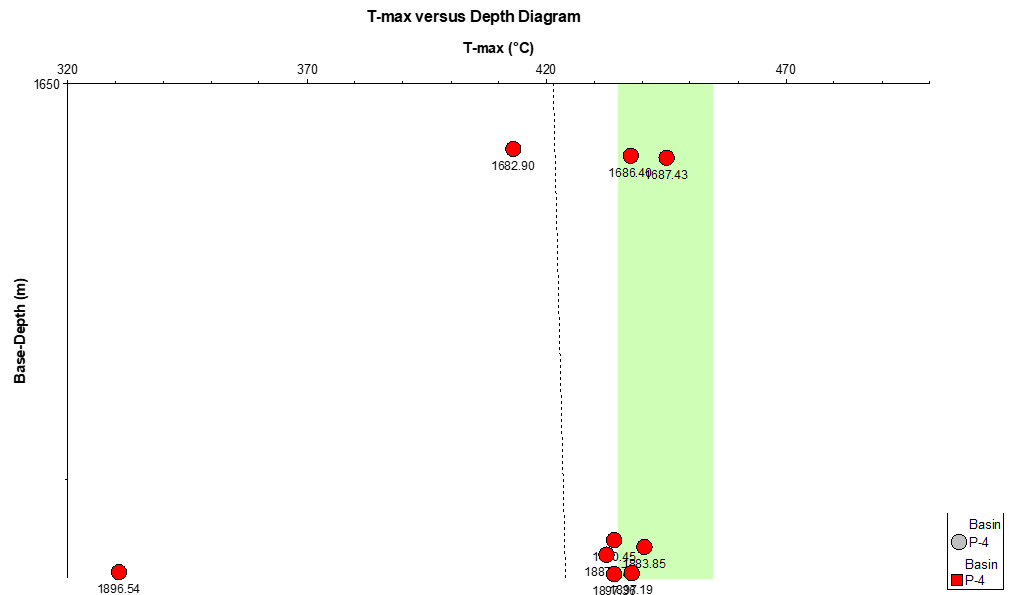
Количество углеводородов, выделяемых во время термического пиролиза (параметр S2), играет важную роль в определении нефтепродуктивного потенциала породы (Рисунок 3.).



**Рис. 3 - График зависимости TOC от параметра S2**

График зависимости TOC от S2 демонстрирует линейную связь и имеет коэффициент корреляции R2=0,7838. В изучаемых образцах даульской свиты нижнего мела параметр S2 находится в диапазоне от 1.6 до 3.1 мг УВ/г породы, в то время как для кумкольской свиты верхней юры значения S2 колеблются от 1.1 до 9 мг УВ/г породы. Значения S2 ниже 2.5 указывают на низкий потенциал, а выше 6 - на высокий потенциал генерации углеводородов.

Определение термической зрелости. Значения Tmax предоставляют возможность оценить термическую зрелость органического вещества и его способность к нефтегенерации в породах. Диапазон значений Tmax для исследуемых образцов от 435 до 445°C соответствует условиям нефтяного окна, что указывает на возможность генерации нефти и позволяет отнести их к зрелым. Низкие значения Tmax (менее 435°C) для образцов керна с глубины 1682,9 м (даульская свита) и 1896,54 м (кумкольская свита) указывают на невысокую степень зрелости органического вещества, как показано на рисунке 4 [14].



**Рис. 4 - Диаграмма зависимости Tmax от глубины Арыскумского прогиба Южно-Торгайского бассейна, Казахстан**

Важные показатели и критическая информация, касающаяся функционирования системы оценки горных пород для оценки пород-источников и коллекторов. Оценка породы S1: Наличие или отсутствие углеводородов, связанных с нефтью, может быть определено через пик S1, который указывает на наличие газа, жидкости или твердых углеводородных соединений в исследуемом образце. Однако, важно учитывать, что некоторые из этих углеводородов могут быть доставлены в изучаемый пласт естественными процессами миграции нефти из других частей месторождения. Таким образом, при интерпретации пика S1 следует учитывать не только местные углеводороды, но и возможность миграции и перераспределения углеводородов внутри пласта, что подчеркивает важность глубокого анализа и многогранных подходов к интерпретации геохимических данных. Более того, пики S1 в образцах из ствола скважины могут содержать примеси, которые присутствуют в буровом растворе, особенно если используются буровые растворы на нефтяной основе. Эти углеводородные примеси в основном расщепляются при пиролизе, что может привести к ложно завышенным значениям пика S1. Кроме того, остатки этих примесей могут оказать влияние на пик S2, измеряемый в породах, а также на его значения Tmax [15, 16].

Сумма S1+S2 (в миллиграммах УВ на грамм породы)для образца может использоваться для определения генетического потенциала породы. В данном контексте, значение этой суммы позволяет классифицировать породы как нефтегенерирующие с умеренным потенциалом, за исключением образца кумкольской свиты с глубиной 1883,85 м, у которого сумма S1+S2 менее 2 мг/г, что вероятнее всего указывает на его не нефтегенерирующий характер. По диапазону значений S1+S2 от 1,31 до 1,78 можно сделать вывод, что данный образец скорее всего относится к газогенерирующим.

**Выводы.** Полученные результаты геохимических исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Концентрация общего органического углерода (TOC) в образцах пород указывает на разный генеративный потенциал этих пород - от бедного до богатого. Это говорит о возможности генерации углеводородов из этих пород.

2. Значения Tmax, позволяющие оценить термическую зрелость органического вещества и его способность к нефтегенерации в породах, позволяет отнести ОВ исследуемых образцов к зрелым с возможной генерации нефти и невысокой степени зрелости.

3. Согласно полученному параметру S1+S2, который позволяет определить генетический потенциал породы, исследованные образцы классифицируются как нефтегенерирующие с умеренным потенциалом и газогенерирующие.

Таким образом, геохимические исследования органического вещества и результаты пиролитического анализа образцов пород позволяют делать заключения о генетическом, нефтегазоносном и зрелостном потенциале пород. Эти выводы представляют важную информацию, которая может быть использована для прогнозирования месторождений и планирования дальнейших исследований.

**Литература**

1. Мадишева Р.К., Портнов В.С. О нефтегазоносности Арыскумского прогиба Южно-Торгайского осадочного бассейна //Журнал нефть и газ. -2022. -№5 (1317).-C.65-76 с. DOI 10.37878/2708-0080/2022-5.04
2. Оздоев С.М., Мадишева Р.К., Сейлханов Т.М., Портнов В.С., Исаев В.И. О нефтегазоносности коры выветривания складчатого фундамента Арыскумского прогиба Южно-Торгайского бассейна // Журнал нефть и газ. -2020. -№1 (115). –C. 17-32. - URL: <http://neft-gas.kz/f/sm_ozdoev_rk_madisheva.pdf>
3. Мадишева Р.К., Серебренникова О.В., Исаев В.И., Портнов В.С., Оздоев С.М. Состав биомаркеров и происхождение нефтей Арыскумского прогиба (Южный Казахстан) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. -2020. -№7 (331). - C. 116 - 130. -URL: <https://earchive.tpu.ru/handle/11683/62463>
4. Jennifer C. Stern, Scott T. Wieman.Traditional Stable Isotope Geochemistry. Encyclopedia of Geology. -2021. -P.100-113. DOI [10.1016/B978-0-08-102908-4.00116-8](http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00116-8)
5. Сейтказиев Е.Ш., Утеев Р.Н., Сарсенбеков Н.Д. Применение биомаркеров и дактилоскопии нефти для расшифровки генетической принадлежности и прогнозирования путей ее миграции в Арыскумской впадине Южно-Торгайской котловины. Ежегодная Каспийская техническая конференция SPE, Баку, Азербайджан. –2021. [DOI 10.2118/207037-MS](https://doi.org/10.2118/207037-MS)
6. [Madisheva](https://link.springer.com/article/10.1007/s11631-023-00660-4#auth-Rima_Kopbosynkyzy-Madisheva-Aff1) R.K., Portnov V. S., Amangeldiyeva G.B., Seitkhaziyev Y.Sh., Azhgaliev D. K. Geochemical prerequisites for the formation of oil and gas accumulation zones in the South Turgay basin, Kazakhstan. - Acta Geochimica. -2023. –Vol. 43(3). DOI 10.1007/s11631-023-00660-4
7. Ghiran M.D., Popa M.E., Maris I., Predeanu G., Gheorghe S., Bălănescu N.M. Thermal Maturity and Kerogen Type of Badenian Dispersed Organic Matter from the Getic Depression. -Romania. Minerals. -2023. –Vol. 13(202). [DOI 10.3390/min13020202](%20https://doi.org/10.3390/min13020202)
8. Lorenza P., Thierry A., Pierre B., Mohammed B., Nicolas B., Lauric C., Violaine L., David S., Eric V., Adrien W., François B. Reproducibility of Rock-Eval thermal analysis for soil organic matter characterization. - [Organic Geochemistry](https://www.sciencedirect.com/journal/organic-geochemistry). -2023. -[P. 186](file:///D:\Downloads\P.186)-197. [DOI 10.1016/j.orggeochem.2023.104687](https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2023.104687)
9. Jinbu L., Chunqing J., Min W., Liang X., Ming L., Changqi Y., Yan W., Shuangfang L. Determination of in situ hydrocarbon contents in shale oil plays. Part 1: Is routine Rock-Eval analysis reliable for quantifying the hydrocarbon contents of preserved shale cores? // Organic Geochemistry. -2022. DOI 10.1016/j.orggeochem.2022.104449
10. Georg Sch., Philipp W., Martin B. Geochemical implications from direct Rock-Eval pyrolysis of petroleum // [Organic Geochemistry](https://www.sciencedirect.com/journal/organic-geochemistry). -2020. –Vol. 146. [DOI 10.1016/j.orggeochem.2020.104051](https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2020.104051)
11. Голышев С.И., Падалко Н.Л., Мадишева Р.К., Оздоев С.М., Портнов В.С., Исаев В.И. Изотопный состав нефтей Арыскумского прогиба (Южный Казахстан) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. -2020. - №3 (331). [DOI 10.18799/24131830/2020/3/2533](https://doi.org/10.18799/24131830/2020/3/2533)
12. Bodhisatwa H., David A. W., Devleena M., Pradeep K. S., Ashok K. S. Evaluation of Shale Source Rocks and Reservoirs // Petroleum Engineering. –2019. -P.-19-49. DOI 10.1007/978-3-030-13042-8
13. Мадишева Р.К. Исследование геодинамической ситуации осадконакопления и формирования нефтегазоносности доюрского комплекса Арыскумского прогиба: дис. ... PhD. -2020. -97 с. –URL: <https://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2020/06/Dissertatsiya-Madisheva-11-06-20-z_l.pdf>
14. Ponomarev A., Kadyrov M., Gafurov M., Zavatsky M., Naumenko V., Nurullina T., Vaganov Yu. Magnetic field impact on geochemistry of soluble organic matter when heat-treating oil shales and search for analogies in nature // [Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C](https://www.sciencedirect.com/journal/physics-and-chemistry-of-the-earth-parts-a-b-c).-2023. –Vol. 129. [DOI 10.1016/j.pce.2022.103306](https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103306)
15. Сейтхазиев Е.Ш., Сарсенбеков Н.Д., Пангереева Ш.С., Каирбеков С.Б. Геохимические особенности месторождения Каражанбас // Нефть и газ.–2019.–№3 (111).–34-46 с. –URL: <http://neft-gas.kz/f/esh_sejthaziev_nd_sarsenbekov_1.pdf>
16. Сейтхазиев Ю.С., Утеев Р.Н., Мустафаев М.К., Лю С., Сарсенбеков Н.Д., Досмухамбетов А.К. Фингерпринтинг и биомаркерный анализ нефти Акшабулакской группы для определения типов нефти // Казахстанский журнал для нефтегазовой отрасли.–2021.-№ 4(9).-91-108 с. [DOI 10.54859/kjogi99712](https://doi.org/10.54859/kjogi99712)

**References**

1. Madisheva R.K., Portnov V.S. O neftegazonosnosti Aryskumskogo progiba Yuzhno-Torgaiskogo osadochnogo basseina //Zhurnal neft' i gaz. -2022. -№5 (1317). –C.65-76 s. DOI 10.37878/2708-0080/2022-5.04 [in Russian]
2. 2. Ozdoev S.M., Madisheva R.K., Seilkhanov T.M., Portnov V.S., Isaev V.I. O neftegazonosnosti kory vyvetrivaniya skladchatogo fundamenta Aryskumskogo progiba Yuzhno-Torgaiskogo basseina // Zhurnal neft' i gaz. -2020. -№1 (115). –C. 17-32. - URL: http://neft-gas.kz/f/sm\_ozdoev\_rk\_madisheva.pdf [in Russian]
3. Madisheva R.K., Serebrennikova O.V., Isaev V.I., Portnov V.S., Ozdoev S.M. Sostav biomarkerov i proiskhozhdenie neftei Aryskumskogo progiba (Yuzhnyi Kazakhstan) // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. -2020. -№7 (331). –C. 116–130. -URL: https://earchive.tpu.ru/handle/11683/62463 [in Russian]
4. Jennifer C. Stern, Scott T. Wieman.Traditional Stable Isotope Geochemistry. Encyclopedia of Geology. -2021. -P.100-113. DOI [10.1016/B978-0-08-102908-4.00116-8](http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00116-8)
5. Seitkaziev E.Sh., Uteev R.N., Sarsenbekov N.D. Primenenie biomarkerov i daktiloskopii nefti dlya rasshifrovki geneticheskoi prinadlezhnosti i prognozirovaniya putei ee migratsii v Aryskumskoi vpadine Yuzhno-Torgaiskoi kotloviny. Ezhegodnaya Kaspiiskaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE, Baku, Azerbaidzhan. –2021. DOI 10.2118/207037-MS
6. [Madisheva](https://link.springer.com/article/10.1007/s11631-023-00660-4#auth-Rima_Kopbosynkyzy-Madisheva-Aff1) R.K., Portnov V. S., Amangeldiyeva G.B., Seitkhaziyev Y.Sh., Azhgaliev D. K. Geochemical prerequisites for the formation of oil and gas accumulation zones in the South Turgay basin, Kazakhstan. - Acta Geochimica. -2023. –Vol. 43(3). DOI 10.1007/s11631-023-00660-4
7. Ghiran M.D., Popa M.E., Maris I., Predeanu G., Gheorghe S., Bălănescu N.M. Thermal Maturity and Kerogen Type of Badenian Dispersed Organic Matter from the Getic Depression. -Romania. Minerals. -2023. –Vol. 13(202). [DOI 10.3390/min13020202](%20https://doi.org/10.3390/min13020202)
8. Lorenza P., Thierry A., Pierre B., Mohammed B., Nicolas B., Lauric C., Violaine L., David S., Eric V., Adrien W., François B. Reproducibility of Rock-Eval thermal analysis for soil organic matter characterization. - [Organic Geochemistry](https://www.sciencedirect.com/journal/organic-geochemistry). -2023. -[P. 186](file:///D:\Downloads\P.186)-197. [DOI 10.1016/j.orggeochem.2023.104687](https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2023.104687)
9. Jinbu L., Chunqing J., Min W., Liang X., Ming L., Changqi Y., Yan W., Shuangfang L. Determination of in situ hydrocarbon contents in shale oil plays. Part 1: Is routine Rock-Eval analysis reliable for quantifying the hydrocarbon contents of preserved shale cores? // Organic Geochemistry. -2022. DOI 10.1016/j.orggeochem.2022.104449
10. Georg Sch., Philipp W., Martin B. Geochemical implications from direct Rock-Eval pyrolysis of petroleum // [Organic Geochemistry](https://www.sciencedirect.com/journal/organic-geochemistry). -2020. –Vol. 146. [DOI 10.1016/j.orggeochem.2020.104051](https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2020.104051)
11. Golyshev S.I., Padalko N.L., Madisheva R.K., Ozdoev S.M., Portnov V.S., Isaev V.I. Izotopnyi sostav neftei Aryskumskogo progiba (Yuzhnyi Kazakhstan) // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. -2020. - №3 (331). DOI 10.18799/24131830/2020/3/2533 [in Russian]
12. Bodhisatwa H., David A. W., Devleena M., Pradeep K. S., Ashok K. S. Evaluation of Shale Source Rocks and Reservoirs // Petroleum Engineering. –2019. -P. 19-49. DOI 10.1007/978-3-030-13042-8
13. Madisheva R.K. Issledovanie geodinamicheskoi situatsii osadkonakopleniya i formirovaniya neftegazonosnosti doyurskogo kompleksa Aryskumskogo progiba: dis. ... PhD. -2020. -97 s. –URL: https://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2020/06/Dissertatsiya-Madisheva-11-06-20-z\_l.pdf [in Russian]
14. Ponomarev A., Kadyrov M., Gafurov M., Zavatsky M., Naumenko V., Nurullina T., Vaganov Yu. Magnetic field impact on geochemistry of soluble organic matter when heat-treating oil shales and search for analogies in nature // [Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C](https://www.sciencedirect.com/journal/physics-and-chemistry-of-the-earth-parts-a-b-c).-2023. –Vol. 129. [DOI 10.1016/j.pce.2022.103306](https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103306)
15. Seitkhaziev E.Sh., Sarsenbekov N.D., Pangereeva Sh.S., Kairbekov S.B. Geokhimicheskie osobennosti mestorozhdeniya Karazhanbas // Neft' i gaz.–2019.–№3 (111).–34-46 s. –URL: http://neft-gas.kz/f/esh\_sejthaziev\_nd\_sarsenbekov\_1.pdf [in Russian]
16. Seitkhaziev Yu.S., Uteev R.N., Mustafaev M.K., Lyu S., Sarsenbekov N.D., Dosmukhambetov A.K. Fingerprinting i biomarkernyi analiz nefti Akshabulakskoi gruppy dlya opredeleniya tipov nefti // Kazakhstanskii zhurnal dlya neftegazovoi otrasli.–2021.-№ 4(9).-91-108 s. DOI 10.54859/kjogi99712 [in Russian]

***Сведение об авторах***

Мадишева Р.К-Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, PhD, e-mail: rimma\_kz[@mail.ru](mailto:makpal0787@mail.ru);

Жексенбаева Г.М. - Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Караганда, Казахстан, докторант, e-mail: [Gulmira\_zh91@mail.ru](mailto:Gulmira_zh91@mail.ru);

Адилханов Р.К. - Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, докторант, e-mail: [rkbnm82@mail.ru](mailto:rkbnm82@mail.ru);

Демеуова А.Б. - Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, докторант, e-mail: [Akmaral79\_79@mail.ru](mailto:Akmaral79_79@mail.ru);

Амангелдиева Г.Б. - Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», докторант, Караганда, Казахстан, e-mail: [amangeldieva74@mail.ru](mailto:amangeldieva74@mail.ru);

Умирзакова М. Б.- Акционерное общество «КазАзот» филиал «Шагырлы – Шомышты», Караганда, Казахстан, e-mail: U.maiya\_84@mail.ru

***Information about the authors***

Madisheva R.K. -[Abylkas Saginov Karaganda Technical University](https://www.kstu.kz/rules-encouraging-teaching-staff-employees-based-results-publications-scientific-journals-granting-patents-inventions-abylkas-saginov-karaganda-technical-university/?lang=en), Karaganda, Kazakhstan, PhD, e-mail: rimma\_kz[@mail.ru](mailto:makpal0787@mail.ru);

Zhexenbayeva G.M. -[Abylkas Saginov Karaganda Technical University](mailto:Abylkas%20Saginov%20Karaganda%20Technical%20University), Karaganda, Kazakhstan, Doctoral student, e-mail: [Gulmira\_zh91@mail.ru](mailto:Gulmira_zh91@mail.ru);

Adilkhanov R.K. - [Abylkas Saginov Karaganda Technical University](https://www.kstu.kz/rules-encouraging-teaching-staff-employees-based-results-publications-scientific-journals-granting-patents-inventions-abylkas-saginov-karaganda-technical-university/?lang=en), Karaganda, Kazakhstan, Doctoral student, e-mail: [rkbnm82@mail.ru](mailto:rkbnm82@mail.ru);

Demeuova А.B. - [Abylkas Saginov Karaganda Technical University](https://www.kstu.kz/rules-encouraging-teaching-staff-employees-based-results-publications-scientific-journals-granting-patents-inventions-abylkas-saginov-karaganda-technical-university/?lang=en), Doctoral student, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: [Akmaral79\_79@mail.ru](mailto:Akmaral79_79@mail.ru);

Amangeldiyeva G.B. - [Abylkas Saginov Karaganda Technical University](https://www.kstu.kz/rules-encouraging-teaching-staff-employees-based-results-publications-scientific-journals-granting-patents-inventions-abylkas-saginov-karaganda-technical-university/?lang=en), Doctoral student, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: [amangeldieva74@mail.ru](mailto:amangeldieva74@mail.ru);

Umirzakova M.B. - Joint Stock Company «KazAzot» branch «Shagyrly – Shomyshty», Karaganda, Kazakhstan, e-mail: U.maiya\_84@mail.ru

МРНТИ 52.47.15

**ПОЛИМЕРНЫЙ РЕАГЕНТ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ БУРОВОГО РАСТВОРА ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

**1Н.А. Бесбаева**,  **1Г.Ж.Бимбетова🖂, 2Г.М.Эфендиев, 1К.С. Надиров, 1Н.Ш.Отарбаев**

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

2Институт нефти и газа, Баку, Азербайджан,

**🖂** Корреспондент-автор: [gulmnaz@mail.ru](mailto:gulmnaz@mail.ru)

Поглощение раствора при бурении нефтяных и газовых скважин является одним из самых распространенных осложнений, возникающих в процессе, которое может стать причиной существенного увеличения затрат времени. Целью данной работы явилось создание условий для снижения скорости поглощения бурового раствора при бурении нефтегазовых скважин. Облегченная буровая, промывочная жидкость была получена путем добавления в рецептуру глинистого раствора полимерных реагентов, модифицированных омыленными гудронами вакуумной дистилляции жирных кислот хлопкового масла. Приведены результаты структурных исследований полимерного реагента, полиакриламида, модифицированного хлопковым гудроном на основании данных ИК-спектроскопии. По результатам полученных спектральных характеристик полимерных композиций сделано предположение о строении образовавшегося комплекса, обладающего набухающими свойствами, что снижает скорость проникновения в поры пустых пород, и тем самым способствует «уходу» раствора в затрубное пространство скважины.

Авторами сделан вывод о том,что омыленный хлопковый гудрон является ценным сырьем для получения модифицированного полимерного реагента, полиакриламида. На основании спектральных характеристик сделано предположение о строении образовавшегося комплекса, обладающего сильным набуханием при проникновений в пустых пород. Сделано предположение о том, что полученный композиционный полимерглинистый раствор может быть использован для снижения скорости поглощения бурового раствора при бурении нефтегазовых скважин.

**Ключевые слова:** нефть, буровой раствор, хлопковый гудрон, полиакриламид, каустическая сода, поглащения раствора, снижение поглащении, ИК-спектроскопия.

**МҰНАЙГАЗ ҰҢҒЫМАЛАРЫН БҰРҒЫЛАУ КЕЗІНДЕГІ БҰРҒЫЛАУ ЕРІТІНДІСІНІҢ СІҢІРІЛУІН ТӨМЕНДЕТУГЕ АРНАЛҒАН ПОЛИМЕРЛІК РЕАГЕНТ**

**1Н.А.Бесбаева**, **1Г.Ж.Бимбетова🖂, 2Г.М.Эфендиев, 1К.С.Надиров, 1Н.Ш.Отарбаев**

1М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан.

2 Мұнай және газ институты, Баку, Әзербайжан,

e-mail: [gulmnaz@mail.ru](mailto:gulmnaz@mail.ru)

Мұнай мен газ ұңғымаларын бұрғылау кезінде ерітіндінің сіңірілуі процесте туындайтын ең көп таралған қиындықтардың бірі, бұл уақыт шығындарының едәуір артуына әкелуі мүмкін. Бұл жұмыстың мақсаты мұнайгаз ұңғымаларын бұрғылау кезінде бұрғылау ерітіндінің сіңірілу жылдамдығын төмендетуге жағдай жасау болып табылады. Жеңіл бұрғылау, шаю ерітіндісі мақта майының май қышқылдарын вакуумдық дистилляциялау арқылы сабындалған гудрондармен модификацияланған полимерлі реагенттердің сазды ерітіндісін қосу арқылы алынды. ИҚ- спектроскопияның деректері негізінде мақта гудронымен модификацияланған полимерлі реагент полиакриламидтің құрылымдық зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Полимерлі композициялардың алынған спектрлік сипаттамаларының нәтижелері бойынша ісіну қасиеттері бар қалыптасқан кешеннің құрылымы туралы болжам жасалды, бұл бос тау жыныстарының кеуектеріне ену жылдамдығын төмендетеді және осылайша ерітіндінің ұңғыманың құбырлы кеңістігіне "кетуіне" ықпал етеді.

Авторлар сабындалған мақта гудроны модификацияланған полимерлі реагент, полиакриламид алу үшін құнды шикізат болып табылады деген қорытындыға келді. Спектрлік сипаттамаларға сүйене отырып, бос тау жыныстарына ену кезінде қатты ісінуі бар қалыптасқан кешеннің құрылымы туралы болжам жасалады. Алынған композициялық полимерсазды ерітіндісі мұнайгаз ұңғымаларын бұрғылау кезінде бұрғылау ерітіндісінің сіңірілу жылдамдығын төмендету үшін қолдануға болады деген болжам жасалды.

**Түйін сөздер:** мұнай, бұрғылау ерітіндісі, мақта гудроны, полиакриламид, каустикалық сода, ерітіндіні сіңіру, сіңіруді азайту, ИҚ спектроскопиясы.

**POLYMER REAGENTS TO REDUCE THE ABSORPTION OF DRILLING MUD DURING DRILLING OF OIL AND GAS WELLS**

**1N.A. Besbaeva**, **1G.ZH. Bimbetova🖂, 2G.M. Afandiyev, 1K.S. Nadirov**, **1N.Sh.Otarbaev**

1M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,

2Institute of Oil and Gas, Baku, Azerbaijan,

e-mail: [gulmnaz@mail.ru](mailto:gulmnaz@mail.ru)

The absorption of the solution during drilling of oil and gas wells is one of the most common complications that arise in the process, which can cause a significant increase in time spent. The purpose of this work was to create conditions for reducing the rate of absorption of drilling mud during drilling of oil and gas wells. A lightweight drilling and washing liquid was obtained by adding polymer reagents modified with saponified tar from vacuum distillation of fatty acids of cottonseed oil to the clay solution formulation. The results of structural studies of a polymer reagent, polyacrylamide modified with cotton tar, based on IR spectroscopy data are presented. Based on the results of the obtained spectral characteristics of polymer compositions, an assumption is made about the structure of the formed complex, which has swelling properties, which reduces the rate of penetration into the pores of empty rocks, and thereby contributes to the "withdrawal" of the solution into the annulus of the well.

The authors concluded that saponified cotton tar is a valuable raw material for the production of a modified polymer reagent, polyacrylamide. Based on the spectral characteristics, an assumption is made about the structure of the formed complex, which has a strong swelling during penetration into empty rocks. It is assumed that the resulting composite polymer clay solution can be used to reduce the absorption rate of drilling mud during drilling of oil and gas wells.

**Keywords:** oil; drilling mud, cotton tar; polyacrylamide, caustic soda, solution absorption, reduced absorption, IR spectroscopy.

**Введение.** Бурение нефтегазовых скважин часто сопровождаются возникновением аварий и осложнений, ликвидация которых требует определенного времени и значительных материальных затрат для буровых компаний. Осложнения, связанные с поглощением бурового раствора при вскрытии и освоении продуктивных горизонтов в процессе бурения нефтегазовых скважин, являются главными причинами отклонения от сроков освоения скважины, предусмотренных геолого-техническим нарядом. Это, в частности, наблюдается при бурении скважин на месторождениях Южно - Торгайской впадины, где почва является рыхлой со сложными геологическими свойствами с содержанием значительного количества минеральных солей [1-4].

Необходимо отметить, что в целом гелогические особенности Южно-Торгайского осадочного бассейна сегодня в достаточной степени изучены геолого-геофизическими методами. В настоящее время на этих месторождениях наблюдается тенденция к истощению запасов длительно разрабатываемых месторождений, и, следовательно, источником прироста запасов углеводородов становится поиск и разведочное бурение новых нефтяных и газовых скважин. Несмотря на то, что начиная со второй половины прошлого столетия, успешно эксплуатируются известные месторождения: Карабулак, Кумколь, Сарыбулак, Южный Сарыбулак, Южно-Арысское, Ащысай, Акшабулак, Кенлик, Коныс и другие, все они эксплуатируются в условиях большой обводненности. Нефти этих месторождений являются высокопарафинистыми, малосернистыми и практически все эмульсионные [5].

Для проведения работ по строительству для бурения разведочных, эксплуатационных и других скважин, необходимы буровые промывочные растворы с расширеннными функциональными свойствами. На сегодня актуальной является проблема объемов снижения поглощения бурового раствора в процессе бурения нефтегазовых скважин в сложных геолгических условиях. По мнению авторов комплексное решение этих задач, будет способствовать снижению затрат на сокращение сроков и стоимости процесса бурения эксплуатационных скважин.

Система «Скважина – пласт» является сообщающимся сосудом. Напомним, что поглощение это процесс частичной или практически полного ухода буровой, промывочной жидкдости при бурении в пласт, что сопровождается постоянным снижением его объемов в емкостях циркуляционной ситемы. Причинами потери бурового раствора при его циркуляции являются превышение давления столба жидкости в скважине над пластовым давлением. Следовательно, чем больше разница в давлении, тем больше поглощение и потери раствора в системе. В настоящее время в практике бурильных работ используют буровые растворы на водной основе, которые состоят из дисперсной среды – воды, дисперсной фазы – твердой, либо эмульгированной и различных водорастворимых электролитов, полиэлектролитов, щелочей, кислот, ионогенных и неионогенных поверхностно-активных веществ. В качестве твердой фазы в буровом растворе используется активная составляющая – глина и различные химические реагенты. Эмульгированной фазой может быть нерастворимая в воде жидкость, например нефть, масла и другие компоненты.

При этом различают 3 категории интенсивности поглощений бурового раствора: малой интенсивности (до 10-15 м3/ч), средней интенсивности (до 40-60 м3/ч) и высокой интенсивности (более 60 м3/ч).

Поглощение бурового раствора объясняется наличием пор, трещин и пустот в породе, а также ее недостаточной устойчивостью перед давлением жидкости в скважине, в результате чего возникает гидроразрыв пласта.

Определение интенсивности поглощения производится с использованием различных методик, так например, оценка соотношения количества закачиваемого в скважину раствора и объема его поступления из скважины в приемную емкость [6].

В связи с этим одним из направлений повышения эффективности строительства скважин является совершенствование составов буровых растворов за счет применения полимерных реагентов, в том числе биополимеров, которые продуцируются микробными культурами на углеводах. Биополимеры обладают комплексом уникальных свойств, основным из которых является возможность эффективного управления реологической характеристикой бурового раствора за счет их псевдопластичности, которая обеспечивает очистку скважин от выбуренной породы при низких гидродинамических сопротивлениях [7].

В работах авторов [8-11] показано, что значительный эффект повышения технико-экономических показателей бурения достигается применением безглинистых и малоглинистых облегченных растворов.

Для регулирования свойств малоглинистых растворов применяют глинопорошки различных сортов, обычно 5-10%, с добавлением смол и полимеров [12]. Полимеры в составе бурового раствора для бурения скважин выполняют следующие функции: укрепление стенок скважины и её очистка; уменьшение износа инструмента и защита его от коррозии; регулирование вязкости и плотности раствора. В практике бурения скважин полиакриламид используется как стабилизатор, эффективный понизитель фильтрации глинистых буровых растворов. Надо сказать, что **полиакриламид марки АК-636** выполняет функцию понижения фильтрации только в глинистых буровых растворах и наоборот, как понизитель фильтрации в растворах без твердой фазы проявляет небольшую активность. Однако в качестве загустителя водной фазы может с успехом использоваться в безглинистых системах, в том числе, в минерализованных водных растворах.

Эффективными мерами борьбы с проблемой поглощения бурового раствора является его предупреждение. Растворы с высокими реологическими и механическими свойствами менее интенсивно ухо­дят в пласт. При этом решающее значение имеет дифференциаль­ное давление в системе «скважина – пласт». Предотвращаю­щие уход жидкости в пласт можно предупредить следующими мерами: 1) Снижение дифференциального давления; 2) Повышение реологических свойств раствора; 3) Уменьшение расхода жидкости при циркуляции; 4) Применение облегченных растворов, газообразных агентов, аэрированной жидкости; 5) Применение наполнителей; 6) Промежуточная промывка; 7) Предупреждение сальникообразования на долоте и утяжеленных бурильных труб (УБТ); 8) Соответствующая компоновка нижней части бурильной колонны (КНБК), позволяющей увели­чить зазоры кольцевого пространства; 9) Употребление комовой глины или глин грубого помола для приготовления бурового раствора [6].

Катастрофические уходы жидкости в пласт (более 60 м3/ч) ликвидируются тампонированием поровых каналов (трещин) специальными веще­ствами. Это может быть достигнуто тампонажным цементом, или его смесью с другими материалами (бентонит, гипс, алебастр, асбест, древес­ные опилки и др.).

Однако, известно, что основные потери бурового раствора происходят в зоне работы породоразрущающегося инструмента (долота) обсадной колонны. Это происходит на глубине скважины, чем рыхлее корка стенки скважины, тем больше будет боковой отток буровой промывочной жидкости в заколонное пространство через пористую породу.

Целью данной работы являлась снижение скорости поглощения бурового раствора при бурении нефтегазовых скважин путем добавления в рецептуру глинистого раствора полимерного реагента полиакриламида, модифицированного омыленным гудроном дистилляции жирных кислот масла хлопчатника.

**Материалы и методы.** Основным ингредиентом глинистого бурового раствора является бентонит. Натуральный глинистый минерал (глинопорошок) при насыщении его водой разбухает примерно в 15 раз. Так образуется гелевая масса — плотная и скользкая. Местный бентонит месторождения Дарбаза (Туркестанская область) является более подходящей структурообразующей добавкой к буровой промывочной жидкости, так как ее свойства улучшаются с модифицированными полимерными добавками.

Исследование фильтрационных свойств горных породы с целью определения скорости поглащения бурового раствора проводилось на лабораторной установке УИК-С(2) на образцах горных пород (керна), при соотношении компонентов раствора в рецептуре, указанной ниже. Состав глинистого раствора, %: бентонит -9-10; полиакриламид – 6-7; омыленный хлопковый гудрон – 4-5; мел (СаСО3) - 5-6; КМЦ-ТС – 0,8-1,0; сода кальцинированная (Nа2СО3) - 0,1-0,2 и вода-остальное.

В данной работе были получены малоглинистые растворы с добавлением полиакриламида, модифицированного омыленным хлопковым гудроном. Омыления гудрона осуществлялась 20% раствором гидроксида натрия при температуре 110оС. Полимерный раствор при циркуляции в составе бурового раствора проникает в поры, трещины и пустоты породы, которая является недостаточно устойчивой при рабочем давлении жидкости в скважине.

**Результаты и обсуждение.** Приведены результаты структурных исследований полимерного реагента с применением ИК-спектроскопии. На рисунке 1 представлены ИК-спектры модифицированного полимерного реагента, полученные на приборе ИК-Фурье спектрометр Shimadzu IR Prestige - 21 с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) Miracle фирмы PikeTechnologies.



**Рис. 1 - ИК-спектры модифицированного полимерного реагента**

Результаты ИК-спектроскопических исследований модифицированного полимерного реагента показывают, что полосы поглощения с пиками интенсивностью 3364-3356 см-1, которые можно отнести к валентным (ν) колебаниям O–Н связи в группах, являются характерными для модифицированного полиакриламида.

Менее интенсивные полосы частотой 1643-1566 см-1 можно отнести к валентным колебаниям карбонильных групп нафталинового ядра молекулы госсипола, которые в условиях получения гудрона образуется при окислении альдегидных групп. Полосы при 1554 – 1439 см-1, можно отнести к валентным колебаниям ароматических колец госсипола. Полосы поглощения с пиками 1373-1365 см-1 можно отнести к валентным (сл.) колебаниям проявляющиеся в спектрах функциональных групп жирных кислот. Сильный пик в области 675–617 см-1  можно отнести внеплоскостным деформационным колебаниям С-Н.

Таким образом результаты ИК-спектроскопии указывает на изменение структуры полученного модифицированного полимерного реагента, который может быть использован добавкой к буровой, промывочной жидкости с целью снижение объема его потерь при бурении скважин на нефть и газ.

На рисунках 2 и 3 представлены результаты экспериментальных данных по изменению скорости поглощения бурового раствора без добавления (рисунок 2) и в присутствии модифицированного полимерного реагента (рисунок 3). Из данных рисунков видно, что в первом случае наблюдается уход бурового раствора через трещины и пустоты горной породы, тогда как во втором случае макромолекулы модифицированного полимерного реагента набухают и препятствуют проникновению раствора через породы, которые были определены по методике изменения объема от оторочки раствора полимера [13].

Вертикальный поток

бурового раствора

Боковой поток

бурового раствора Буровой

раствор

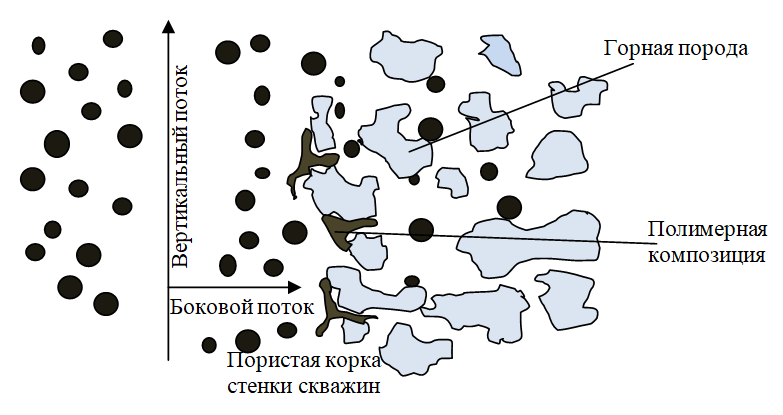
Пористая горная порода

Неравномерная фильтрационная

корка стенки скважины

**Рис. 2 - Схема, показывающая «уход» бурового раствора через горную породу**

Таким образом, показано, что раствор при прохождении в пористую породу (боковой поток) из-за содержащегося в нем полимерного композита снижает поток раствора через корковый слой, в результате чего снижается поглощение раствора. Полимерная композиция вначале набухает, затем в пористой среде предотвращает или снижает скорость поглощения буровой промывочной жидкости (рисунок 3).



**Рис. 3 - Схема снижения скорости поглощения бурового раствора путем введения полимерной композиции**

Предварительный расчет показывает что эффект снижения степени поглощения от использования полимерной композиции составляет 12,5%.

Таким образом, полученные данные показывают, что полученная авторами полимерная композиция на основе полиакриламида и хлопкового гудрона частично проникает в пространство между горной породой и закупоривает ее за счет смолообразной массы. На основании экспериментальных данных показано, что омыленный гудрон является ценным сырьем для получения модифицированных полимерных реагентов по снижению поглощения бурового раствора при бурении нефтегазовых скважин.

**Выводы.** Авторами сделан вывод о том,что омыленный хлопковый гудрон является ценным сырьем для получения модифицированного полимерного реагента на основе полиакриламида. На основании спектральных характеристик сделано предположение о строении образовавшегося комплекса, обладающего сильными набухающими свойствами, который способстует предотвращению проникновения бурового раствора в пространство пустых горных пород. Сделано предположение о том, что полученный композиционный полимерглинистый раствор может быть использован для снижения скорости поглощения бурового раствора при бурении нефтегазовых скважин.

**Литература**

1. Надиров К.С., Сакибаева С.А., БимбетоваГ.Ж. Поверхностно-активные вещества на основе госсиполовой смолы и их использование. - Шымкент: Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, 2013. - 230 с.
2. Пат. №27482 Республика Казахсатн МПК С09К 8/34 (2006.01) Модифицированный буровой раствор. / Надиров К.С., Бондаренко В.П., Голубев В.Г. БимбетоваГ.Ж., Надирова Ж.К., Садырбаева А.С., Орымбетова Г.Э., Ибрагимов Ф.Р., Джусенов А.У.; заявитель и патентообладатель ЮжноКазахстанский государственный университет им. М. Ауезова. -№2012/1022.1; заявл. 05.10.2012; опубл. 15.10.2013. Бюл. №10.
3. Бондаренко В.П., Исатаев А.А., Р. Мустафина. Исследования свойств жидкостей для глушения скважин//Труды Международной научно-практической конференции «Ауэзовские чтения -11: Казахстан на пути к обществу знаний: инновационные направления развития науки, образования и культуры», посвященной 115-летнему юбилею М. Ауэзова. Шымкент. - 2012. -С.40-44.
4. Голубев В.Г., Надиров К.С., Бондаренко В.П., Жантасов М.К., Джусенов А.У. Исследование влияния температуры на термостойкость, фильтроотдачу и эффективную вязкость гидрофобно-эмульсионных растворов // Труды Международной научно-практической конференции «Развитие науки, образования и культуры независимого Казахстана в условиях глобальных вызовов современности», посвященной 70-летию Южно-Казахстанского Государственного университета им. М. Ауэзова. Шымкент. - 2013. -Т. 4. - С.11-14.
5. Надиров Н.К. Высоковязкие нефти и природные битумы: в 5 т: История.Бассейны. Свойства. -Алматы: «Ғылым», 2001. - Т.1. -360 с.
6. Умедов Ш. Х.Разработка эффективных составов промывочных жидкостей для борьбы с осложнениями при бурении нефтяных и газовых скважин: дис. … док. тех. наук 05.15.10 – Технология бурения и освоения скважин.
7. Рахимов А.А., Рахимов Э.А., Курбанов А.Н., Умедов Ш.Х. Снижение гидродинамического давления при циркуляции бурового раствора // Узбекский журнал нефти и газа. – Ташкент, 1999. - № 1. – С. 20 - 24.
8. Кадыров Н.А., Норкулова К.Т., Надиров К.С. Технология получения бурового реагента на основе масложировых и химических отходов производства// Материалы Юбилейной международной научно-практической конференции «Белые – ночи-2013». - Санкт-Петербург, 2013. - Ч.2. - С.107-108.
9. Андерсон Б.А., Бочкарев Г.П. Растворы на полимерной основе для бурения скважин // обзорная информация, Сер. Бурение. – М.: ВНИИОЭНГ, 1986. -56с.
10. Ишмухамедова Н.К., Кенжебеков Н.М. Модифицированный буровой раствор// Нефть и газ. - 2005. - №3. - С.132-133.
11. Ишмухамедова Н.К., Надиров Н.К., Эфендиев Г.М. Буровой раствор на основе природного сырья, отходов нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности // Вестник Атырауского института нефти и газа. - 2009. - № 4(19). - С.106-109.
12. Бондаренко В.П., Надиров К.С., Голубев В.Г., Садырбаева А.С., Колесников А.С. Реагенты комплексного действия на основе модифицированных гудронов хлопкового масла для нефтегазовой отрасли: монография. - Шымкент. –Изд. ИП «Туркенич», 2017. -248 с.

**References**

1. Nadirov K.S., Sakibaeva S.A., BimbetovaG.Zh. Poverkhnostno-aktivnye veshchestva na osnove gossipolovoi smoly i ikh ispol'zovanie. - Shymkent: Yuzhno-Kazakhstanskii gosudarstvennyi universitet im. M.Auezova, 2013. - 230 s. [in Russian]
2. Pat. №27482 Respublika Kazakhsatn MPK S09K 8/34 (2006.01) Modifitsirovannyi burovoi rastvor. / Nadirov K.S., Bondarenko V.P., Golubev V.G. BimbetovaG.Zh., Nadirova Zh.K., Sadyrbaeva A.S., Orymbetova G.E., Ibragimov F.R., Dzhusenov A.U.; zayavitel' i patentoobladatel' YuzhnoKazakhstanskii gosudarstvennyi universitet im. M. Auezova. -№2012/1022.1; zayavl. 05.10.2012; opubl. 15.10.2013. Byul. №10. [in Russian]
3. Bondarenko V.P., Isataev A.A., Mustafina R. Issledovaniya svoistv zhidkostei dlya glusheniya skvazhin//Trudy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Auezovskie chteniya -11: Kazakhstan na puti k obshchestvu znanii: innovatsionnye napravleniya razvitiya nauki, obrazovaniya i kul'tury», posvyashchennoi 115-letnemu yubileyu M. Auezova. Shymkent. - 2012. -S.40-44. [in Russian]
4. Golubev V.G., Nadirov K.S., Bondarenko V.P., Zhantasov M.K., Dzhusenov A.U. Issledovanie vliyaniya temperatury na termostoikost', fil'trootdachu i effektivnuyu vyazkost' gidrofobno-emul'sionnykh rastvorov // Trudy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Razvitie nauki, obrazovaniya i kul'tury nezavisimogo Kazakhstana v usloviyakh global'nykh vyzovov sovremennosti», posvyashchennoi 70-letiyu Yuzhno-Kazakhstanskogo Gosudarstvennogo universiteta im. M. Auezova. Shymkent. - 2013. -T. 4. - S.11-14. [in Russian]
5. Nadirov N.K. Vysokovyazkie nefti i prirodnye bitumy: v 5 t: Istoriya.Basseiny. Svoistva. -Almaty: «Ғylym», 2001. - T.1. -360 s. [in Russian]

6. Umedov Sh.Kh. Razrabotka effektivnykh sostavov promyvochnykh zhidkostei dlya bor'by s oslozhneniyami pri burenii neftyanykh i gazovykh skvazhin: dis. … dok. tekh. nauk 05.15.10 – Tekhnologiya bureniya i osvoeniya skvazhin. [in Russian]

7. Rakhimov A.A., Rakhimov E.A., Kurbanov A.N., Umedov Sh.Kh. Snizhenie gidrodinamicheskogo davleniya pri tsirkulyatsii burovogo rastvora // Uzbekskii zhurnal nefti i gaza. – Tashkent, 1999. - № 1. – S. 20 - 24. [in Russian]

8. Kadyrov N.A., Norkulova K.T., Nadirov K.S. Tekhnologiya polucheniya burovogo reagenta na osnove maslozhirovykh i khimicheskikh otkhodov proizvodstva// Materialy Yubileinoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Belye – nochi-2013». - Sankt-Peterburg, 2013. - Ch.2. - S.107-108. [in Russian]

9. Anderson B.A., Bochkarev G.P. Rastvory na polimernoi osnove dlya bureniya skvazhin // obzornaya informatsiya, Ser. Burenie. – M.: VNIIOENG, 1986. -56 s. [in Russian]

10. Ishmukhamedova N.K., Kenzhebekov N.M. Modifitsirovannyi burovoi rastvor// Neft' i gaz. - 2005. - №3. - S.132-133. [in Russian]

11. Ishmukhamedova N.K., Nadirov N.K., Efendiev G.M. Burovoi rastvor na osnove prirodnogo syr'ya, otkhodov neftekhimicheskoi i neftepererabatyvayushchei promyshlennosti // Vestnik Atyrauskogo instituta nefti i gaza. - 2009. - № 4(19). - S.106-109. [in Russian]

12. Bondarenko V.P., Nadirov K.S., Golubev V.G., Sadyrbaeva A.S., Kolesnikov A.S. Reagenty kompleksnogo deistviya na osnove modifitsirovannykh gudronov khlopkovogo masla dlya neftegazovoi otrasli: monografiya. - Shymkent. –Izd. IP «Turkenich», 2017. -248 s. [in Russian]

***Сведения об авторах***

БесбаеваН.А. - PhD докторант,Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

е-mail:besbaeva.nursulu@mail.ru;

Бимбетова Г.Ж.- кандидат технических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан, е-mail: [gulmnaz@mail.ru](mailto:gulmnaz@mail.ru);

ЭфендиевГ.М.-доктор технических наук, профессор, Институт нефти и газа, Баку, Азербайджан,

е-mail:galib\_2000@yahoo.com;

Надиров К.С.- доктор химических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан, е-mail: [nadirovkazim@mail.ru](mailto:nadirovkazim@mail.ru);

Отарбаев Н.Ш.- PhD, старший преподаватель, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан, е-mail: [otarbaevn@mail.ru](mailto:otarbaevn@mail.ru);

***Information about the authors***

Besbaeva N.A. - PhD doctoral student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

е-mail:besbaeva.nursulu@mail.ru;

Bimbetova G.Zh. - Candidate of technical Sciences, Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, е-mail: [gulmnaz@mail.ru](mailto:gulmnaz@mail.ru);

Efendiev G.M. - Doctor of technical Sciences, Professor, Institute of Oil and Gas, Baku, Azerbaijan,

е-mail:galib\_2000@yahoo.com;

Nadirov K.S. - Doctor of chemical Sciences, Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, е-mail: [nadirovkazim@mail.ru](mailto:nadirovkazim@mail.ru);

Otarbaev N.Sh.-PhD, senior lecturer, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, е-mail: [otarbaevn@mail.ru](mailto:otarbaevn@mail.ru)

MPHTИ 52.13.15

**ДАЙЫНДЫҚ ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ АЙНАЛАСЫНДАҒЫ СИЫМДЫ ЖЫНЫСТАРДЫҢ ЖЫЛЖУЫН МОДЕЛЬДЕУ**

**1А.С. Кайназаров🖂, 2В.Ф. Демин, 1,А.С. Кайназарова, 2 Е.А.Абрахман**

1Академик Қ. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты,

Екібастұз, Қазақстан,

2Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан,

**🖂** Корреспондент-автор: [armanayn@mail.ru](mailto:armanayn@mail.ru)

Аналитикалық негіздеу үшін тау-кен геологиялық, тау-кен-техникалық және технологиялық пайдалану жағдайларының әсерінен жұмыстарды жүргізу және ұстаудың геомеханикалық шарттарын ескере отырып, тау-кен массасының кернеулі-деформациялық күйін модельдеудің сандық әдістемесі ұсынылған. кен қазбаларының айналасында негізгі жыныстардың жылжуын модельдеу. Дайындық тау-кен қазбаларының айналасында орналасқан жыныстардың жылжуын аналитикалық модельдеу (анықтау) үшін келесі әрекеттер орындалады: қазбаны жүргізудің геологиялық шарттары анықталады, ол үшін топырақ пен шатыр жыныстарын көрсете отырып, геологиялық кесу жасалады; тау жыныстары қабаттарының механикалық сипаттамаларына талдау жасалады; тазарту қазбасының маңында– кенжардың алдында, өңдеу және өңдеу аймағында кернеулердің сызықтары мен диаграммаларын салу орындалады қалдық тірек қысымы аймағында; тазарту қазбасының ықпалынан тыс қазбаның айналасындағы тау жыныстарының серпімді емес деформацияларының аймағын есептеу және алдыңғы уақыттағы ұқсас жағдайлардағы бақылаулардың эксперименттік деректері негізінде орын ауыстыру жылдамдықтарының диаграммасын құру және осы тау-кен қазбасының бүкіл қызмет ету кезеңіндегі орын ауыстыру жылдамдықтарының диаграммаларын құру, ұқсас игеру жағдайлары үшін қолда бар тәжірибелік деректерді жалпылау арқылы белгіленген орын ауыстыруларды ескере отырып жүргізіледі.

**Түйін сөздер:** тау-кен қазбалары, бекіту параметрлері, геомеханикалық процесстер, анкер бекіткіші, технологиялық схемалар, аналитикалық модельдеу, тау қысымы, тау жыныстарының жылжуы.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЙ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ВОКРУГ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОК**

**1А.С. Кайназаров🖂, 2В.Ф.Демин, 1 А.С. Кайназарова, 2Е.А. Абрахман**

1Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, Экибастуз, Казахстан,

2Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан,

e-mail: [armanayn@mail.ru](mailto:armanayn@mail.ru)

Предложена численная методика моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород с учетом геомеханических условий проведения и поддержания выработки при влиянии горно-геологических, горно-технических и технологических условий эксплуатации схем ведения горных работ для аналитического обоснования моделирование смещений вмещающих пород вокруг подготовительных горных выработок. Для аналитического моделирования (определения) смещений вмещающих пород вокруг подготовительных горных выработок выполняются следующие действия: определяются геологические условия проведения выработки, для чего составляется геологический разрез с указанием пород почвы и кровли; производится анализ механических характеристик слоев пород; выполняется построение изолиний и эпюр напряжений в окрестности очистной выработки– впереди забоя, в зоне подработки и в зоне остаточного опорного давления; производится расчет зоны неупругих деформаций пород вокруг выработки вне влияния очистной выработки и построение эпюры скоростей смещений на основе экспериментальных данных наблюдений в аналогичных условиях в предшествующее время и построение эпюр скоростей смещений на весь период службы данной горной выработки с учетом установленных смещений путем обобщения имеющихся опытных данных для аналогичных условий разработки.

**Ключевые слова:** горные выработки, параметры крепления, геомеханические процессы, анкерная крепь, технологические схемы, аналитическое моделирование, горное давление, сдвижение пород.

**MODELING OF DISPLACEMENTS OF HOST ROCKS AROUND PREPARATORY**

**MINE WORKINGS**

**1А.S. Kainazarov🖂, 2V.F. Dеmin, 1А.S. Kainazarova, 2E.A. Abdrachman**

1Ekibastuz technical and engineering institute named after the academician K.Satpayev,

Ekibastuz, Kazakhstan,

2Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Kazakhstan,

[armanayn@mail.ru](mailto:armanayn@mail.ru)

A numerical method for modeling the stress-strain state of a rock mass is proposed, taking into account the geomechanical conditions of conducting and maintaining mining under the influence of mining, mining, technical and technological operating conditions of mining schemes for analytical justification of modeling displacements of host rocks around preparatory mine workings. For analytical modeling (determination) of displacements of the host rocks around the preparatory mine workings, the following actions are performed: the geological conditions of the workings are determined, for which a geological section is made indicating the soil and roof rocks; the mechanical characteristics of the rock layers are analyzed; isolines and stress plots are constructed in the vicinity of the treatment workings – ahead of the face, in the work area and in the area of residual reference pressure; the calculation of the zone of inelastic deformations of rocks around the mine is carried out outside the influence of the treatment mine and the plotting of displacement velocities based on experimental observation data under similar conditions in the previous time and the plotting of displacement velocities for the entire service life of this mine, taking into account the established displacements, by generalizing the available experimental data for similar development conditions.

**Keywords**: mining, fastening parameters, geomechanical processes, anchorage, technological schemes, analytical modeling, rock pressure, rock displacement.

**Кіріспе.** Тау қысымының ең көп таралған түрлерінің бірі – қоршаған тау-кен өндірісінің жойылуы. Ол массивтің едәуір көлемін қамтуы мүмкін, нәтижесінде жойылған жыныстардың бір бөлігі өз салмағының әсерінен өндіріске құлайды. Қирау аймағының кішігірім мөлшерінде тау қысымы тау жыныстарының жекелеген бөліктерінің құлауында көрінеді. Оның көрінуінің тағы бір түрі – пайдалану кезінде байқалатын өндіріс контурының деформациясы. Көбінесе көріністердің екі түрі де бір мезгілде байқалады, ал ең қауіпті формалар динамикалық болып табылады: күшті тау жыныстарына тән нәзік бұзылатын тау жыныстарының «атуы», кенеттен шығарындылар мен тау соққылары. Контурға жақын жыныстар ұзақ жүктемелер кезінде дамудың үлкен тереңдігінде серпімді жүктеме режимінен серпімді емес деформация сатысына өтеді. Бұл кезеңде массивтің тұтастығы бұзылады, микро ақаулар пайда болады, олар болашақта макрожарылуларға айналады. Көрсетілген деформациялардың ұлғаюына байланысты (кеңею) тау жыныстарының көлемінің ұлғаюы байқалады, оның мәні серпімді деформациялардан туындаған орын ауыстырулардан үлкен. Эксперименттік алынған деректерді ескере отырып, өндіріс контурының болжамды жылжуын модельдеу жүргізілді.

Жер асты құрылымының жанындағы тау-кен жұмыстары кезінде тау-кен массасының бұзылуы белгілі бір уақытта кернеу-деформациялық күй параметрлерінің белгілі бір комбинациясы белгілі бір сындық мәнге жеткен кезде болады.

Тау-кен жұмыстарының тау-кен және технологиялық факторларын ескере отырып, кен қазбаларының контурлық массивінің жылжуын есептеу бағдарламасының алгоритмін құру үшін оның теориялық негіздемесі төменде келтірілген.

Өндірістердің контурларының ығысу жылдамдығы олардың маңындағы тау жыныстары массивінің созылу дәрежесіне және массивтің физикалық-механикалық қасиеттеріне байланысты. Өңдеу жұмыстарының контурларының жылжуын есептеу үшін олардың тау-кен жағдайларының өзгеруімен анықталатын жылдамдықтарын пайдалану керек.

*Зерттеудің мақсаты.* Тау жыныстары қысымының көріністерін болжау әдістемесін әзірлеу және әлсіз негізгі жыныстары бар кен орындарында көмір қорын өндіру кезінде жұмыс беттеріндегі шатырды басқарудың техникалық шешімдерін жетілдіру.

*Зерттеу мақсаттары.* Өндірістік беткейлердегі тау жыныстары қысымының көріністерінің параметрлерін анықтау. Ұзын қабырғалы шатырдың жүктеме қасиеттеріне және оның тұрақтылығына тау жыныстарының қысымының жоғарылауының әсер ету механизмі жеткілікті түрде зерттелмеген, бұл ұзын қабырға беттеріндегі шатырды басқару бойынша тиімді шешімдер қабылдауға әрқашан мүмкіндік бермейді. Эксперименттік алынған мәліметтерді ескере отырып, қазба контурының болжамды жылжуын есептеу.

*Ғылыми жұмыстың жаңалығы.* Жүргізілген зерттеулер жұмыс қабаттарындағы тау жыныстары қысымының көріністерін болжау, тау-кен жұмыстарын ұтымды жоспарлау бойынша ұсынымдар жасау және жоғары тау жыныстарының қысымы аймақтарында жұмыс істейтін ұзын қабырғалы беткейлердегі шатырды басқарудың әзірленген әдістемесін қолдану перспективаларын көрсетті.

**Материалдар мен әдістер.** Өткен қазбадан байқалған тау қысымының көріністері контур маңындағы массив жыныстарының ығысуы болып табылады.

Тау-кен қазбалары контурының жылжуын есептеу тазарту кенжарын жылжыту кезінде олардың орналасқан аймағында пайда болатын максималды кернеулер бойынша жүзеге асырылады. Бұл жағдайда ең үлкен қиындықтар тазарту кенжарының қозғалыс жылдамдығына және әзірленіп жатқан қабаттан қашықтыққа байланысты осы максималды кернеулердің әсер ету уақытын есепке алу болып табылады.

Uсум қазбалардағы тау жыныстарының жылжуының соңғы мәндері серпімді U1 және серпімді емес U2 деформациялар есебінен қосылады (1):

(1)

Серпімді деформациялар формулалар бойынша анықталады (2):

(2)

мұнда

*Х, У, Хх, Уу*– тиімді орын ауыстырулар векторлары және олардың жүйе

координаттар осі бойынша проекциялары;

μ – Пуассон коэффициенті;

ν – кинематикалық тұтқырлық, Н/м2;

u – деформация жылдамдығы, м/сут;

λ – бүйірлік тарту коэффициенті, r;

θ – нүктелердің полярлық координаталары.

Шекті күй аймағындағы тау жыныстарының серпімді емес деформациялары формула бойынша анықталады (3):

(3)

мұнда – серпімді емес деформациялардың шартты аймағының ауданы, м2;

– қазба периметрі, м;

– шектен тыс деформация аймағындағы тау жыныстарының қопсыту

коэффициенті.

Серпімді емес деформациялардың шартты аймағының ауданы жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттеріне және тау-кен өндірісіне жақын жерде анықтау үшін формулалардан анықталуы керек, тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйіне байланысты: таза массивтегі кернеулер (4); түзілген өндірістен туындаған қосымша кернеулер (5); массивте әрекет ететін кернеулердің қосындысы (8) формулаларында көрсетілген [1].

(4)

(5)

мұнда - негізгі тік кернеу, МПа;

- бүйірлік аралық коэффициенті; *r*;

- нүктелердің полярлық координаттары.

(6)

(5) функцияларының пішіні бар:

(7)

мұнда - массивте әрекет ететін күштердің бас векторы (нәтижелік мән);

, - негізгі кернеулер, МПа;

- негізгі бағыттың *Ox* осімен бұрышы.

, , ,

, ,

ξ – салыстырмалы деформациялар, м;

*С0, С1, С2, С3 и С4* – тұрақты сипаттайтын жұмыс өндірісінің жағдайлары;

а1, а2 и а3 алгебралық әрекеттердегі тұрақтылар;

*Р* – массивтегі гидростатикалық қысым, МПа;

рn-1 - ығысу өзгерістерінің реттілігі;

m(ξ) – көмір қабатының қуатының ығысу шамасына әсері.

Толық кернеулер бастапқы заттай жай-күйді және тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде туындаған кернеулерді жинақтау жолымен анықталады (8):

(8)

Массивтің ерікті нүктесіндегі толық кернеулерді анықтай отырып, олардың мәндері бар нүктелердің матрицасын аламыз.

Серпімді емес деформация аймағы (сусылу) белгіленеді, бұл аймақта тау жыныстарының қопсыту және жылжу коэффициенті арқылы анықталады.

Серпімсіз күйдегі тау жыныстарының ауданын анықтау үшін беріктік шарты (9) қолданылды:

, (9)

мұнда – – негізгі кернеулер, МПа;

- тау жыныстарының созылу беріктігінің бір осьтік беріктікке қатынасын

қысу, МПа.

Серпімсіз деформация аймағында массивтің тұтастығы бұзылады, макрожарықшаға айналатын микро ақаулар пайда болады. Бұл деформациялардың өсуі тау жыныстарының көлемінің ұлғаюына әкеледі – дилатанттылық, оның мәні серпімді деформациялар әсерінен орын алған жылжуларға қарағанда үлкен реттілік болып табылады, бұл шеткі бөліктегі тау жыныстарының жылжуының негізгі себебі болып табылады.

Зерттеулерге сәйкес [2] тіреусіз жұмыс контурында қопсыту коэффициенті 1,1–1,18 құрайды.

Тіректі орнату жылжуларды айтарлықтай азайтады, олар тау жыныстарының қопсыту коэффициентін азайту арқылы ескеріледі (10):

, (10)

мұнда – қазбаның ұңғымадағы қимасының ауданы, м2;

– жарықта бекітілген қазба алаңы, м2;

*Ккр* – бекітпенің болуын ескеретін коэффициент;

*Р* – бекіткіштің жүк көтергіштігі, тс/м2.

Қазба контурынан қашық болған сайын тау жыныстарының қысымының төмендеуіне байланысты қопсыту коэффициенті төмендейді. Серпімсіз деформациялардың күтілетін аймағы 0,5 м-ден аз болса, қопсыту коэффициенті екі есе азаяды [3].

Қазба контурының орын ауыстыруы логарифмдік функциямен жуықталады (11) және (12):

, мм (11)

, (12)

мұна – орын ауыстырулардың қарқындылығын сипаттайтын коэффициент, мм/сут.,

бірінші айдағы далалық бақылаулардың нәтижелері бойынша анықталады;

*t* – уақыт, күн.

Анықтау үшін бақылау станциялары деформациялардың басталуын бақылау үшін бірінші күні орнатылады, бұл көбінесе техникалық мүмкін болатын тапсырма болып табылады.

Сондықтан қателерді жою үшін кем дегенде үш рет деформацияларды бақылау қажет (13):

, (13)

мұнда – бақылау станцияларын орнату алдындағы орын ауыстырулар, мм;

– қазба қуысының пайда болуынан бастап өткен уақыт, тәулік.

Үш өлшеудің нәтижелері бойынша теңдеулерді бірлесіп шешу *t0* -ге қатысты трансценденттік функцияға әкеледі:

, ,

кезінде *А* = 1 . (14)

коэффициенттің шамасы шекті күй аймағының соңғы өлшемдеріне байланысты және қолда бар эксперименттік материалдарды жалпылау негізінде қазба контурларының жылжуын бақылау негізінде белгіленуі мүмкін.

Бұл ретте күрделі өндірістермен салыстырғанда дайындық қазбаларына жақын жыныс массивінің мещысуын аналитикалық анықтау келесі факторлармен күрделене түседі:

* тірек қысым аймағында кернеу концентрациясын анықтаудың жеткіліксіз дәлдігі;
* қазбаның шекті максималды жылжуларды қолдануға мүмкіндік бермейтін қазба маңындағы максималды кернеу аймағында болуының шектеулі уақыты.

Өңдеу жұмыстарының контурының жылжуын есептеу.Қазбаның айналасындағы [4] үйінді массасының сусымалы шегінен жоғарылаған кернеуі тау жыныстарының пластикалық деформацияларынан уақыт өте келе төмендейтіні белгілі. Кернеу азайған сайын тау жыныстарының деформация жылдамдығы да төмендейді, демек қазба контурының жылжу жылдамдығы да төмендейді. Кернеудің жоғарылауы қазба контурының ығысу жылдамдығының жаңа толқынын тудырады.

Осылайша, өңдеу контурының жылжуын аналитикалық анықтау процедурасы келесі алгоритмді қамтиды:

* табандардың және төбе жыныстарының сипаттамаларын көрсете отырып, қазба жұмыстарын жүргізудің тау-кен-геологиялық және тау-кен-техникалық шарттарын белгілеу;
* тау жыныстары қабаттарының механикалық және беріктік сипаттамаларын талдау;
* жұмыс маңындағы кернеулерді анықтау – бет алдында, өңдеу аймағында және қалдық тірек қысым аймағында; тәжірибелік бақылау деректері негізінде жылжу жылдамдығының дамуының айналасындағы тау жыныстарының серпімсіз деформациясы аймағын есептеу; белгіленген орын ауыстыруларды ескере отырып, кеніш жұмысының барлық жұмыс кезеңіне жылжу коэффициенттерін белгілеу;
* шахтаның әртүрлі учаскелеріндегі контурдың жылжуын уақытқа байланысты анықтау (заңды ілгерілету жылдамдығы).

Тұрақты төбесі және топырағы бар көмір қабатында жұмыс істегенде, шахтаның бүйірлерінің жылжулары табан мен төбенің жылжуларынан айтарлықтай асып түседі, олар тек табан мен төбе жыныстарының серпімді деформацияларына, сондай-ақ жалпы қиратусыз орын ауыстыру. Қазба бүйірлерінің ығысулары қазба бүйірлеріндегі тау жыныстарының көлемінің өзгеруінің келесі құрамдас бөліктерінен тұрады.

U1 компоненті – тиімді кернеулер табиғидан аз болатын аймақтағы табан мен төбенің жақындасу көлемінің өзгеруіне байланысты осы формула бойынша анықталады (15):

, (15)

мұнда α – түсу бұрышы қабаты, град;

λ – бүйірлік аралық коэффициенті;

*U2* – серпімді емес деформация аймағында тау жыныстарының қопсытуына

байланысты.

Игерудің технологиялық схемасы үшін, бір жағынан тау-кен массивімен, ал екінші жағынан өндірілген кеңістікпен шектесетін кезде, табан мен төбенің ығысуы құлаған жыныстармен шекарада анықталады.

Өндіріс контурының массив жағынан анықталатын формула (16):

(16)

мұнда – 1 м қазбаға серпімді емес деформациялар аймағының көлемі, м2;

– қабаттың қуаты, м.

Қарастырылған тәсіл тек қазба жүргізілетін көмір қабаты деформацияланған жағдайда ғана қолданылады. Көбінесе дайындық жұмыстарының айналасында серпімді емес деформациялар тек көмір қабатын ғана емес, сонымен қатар, оның жыныстарын да сезінеді. Бұл ығысу жағдайында негізгі төбемен мен табан жыныстарының конвергенциясы арқылы (шектен тыс деформация сатысына өтпейді) серпімді емес деформациялар саласында қоршалған жыныстардың қопсытуына байланысты сысулар айтарлықтай аз болады.

Дайындық қазбалары контурының жылжуын есептеудің ең жалпы принципі – өндірістің әсер ету саласындағы тау жыныстары көлемінің өзгеруінің бұрын сипатталған екі компонентін анықтау: орташа кернеудің төмендетілген шамасы аймағында тау жыныстарының серпімді кеңеюіне байланысты компоненттен және серпімді емес деформация аймағында тау жыныстарының қопсытуына байланысты компонентінен [5, 6].

Контурдың ығысуларының орташа мәні қазбаның әсер ету аймағындағы тау жыныстарының көлемінің оның L периметрі бойынша өсімінің коэффициенті болып табылады (17):

(17)

Тау жыныстарының кернеулі-деформациялық күйінің әртүрлі деңгейлері үшін соңғы орын ауыстырулар формула бойынша анықталады (18):

. (18)

Өңдеудің шеткі бөлігіндегі тау жыныстарының ығысуы келесі себептерге байланысты болуы мүмкін: олардың бұзылуы кезінде тау жыныстарының қопсытуы және көлемінің ұлғаюы, төсеніш бойымен қабаттасуы, қалыптасқан тау жыныстарының консольдерінің ауытқуы.

Соңғы екі себеп бойынша шахтаның төбесіндегі тау жыныстарының конвергенциясын азайту немесе жоюға бекіту құралдары мен параметрлерін дұрыс таңдау арқылы қол жеткізуге болады. Тау жыныстарының кеңеюіне байланысты қазба маңындағы тау жыныстарының жылжуын анықтау және азайту қиынырақ болып табылады.

Тау жыныстарының кеңеюі екі себепке байланысты: микрожарықтардың пайда болуы, жинақталуы және іріленуі; бір-біріне қатысты макрожарықтардың іргелес беттерінің қозғалысы. Сонымен қатар, тау жыныстарын босатудың екінші механизмі басым. Шектен тыс аймақтағы контурға жақын массивтің орын ауыстыруларын анықтаудағы практикалық есептеулер үшін қопсыту коэффициенті 1,001–1,005 тең болуы мүмкін, егер тау жыныстары шектен тыс күйге ауыспаса, әйтпесе ол көрсеткіш – Кр = 1,04-1,1 болып табылады.

Деформация екі сатылы процесс ретінде қарастырылады. Бірінші (дайындық) кезең материалдың құрылымын өзгертетін трансляциялық (алдын ала) деформацияны анықтайтын ұжымдық және дислокациялық құбылыстармен сипатталады. Ол микрожарықтардың пайда болу шарттарын және олардың сыни өлшемдегі жарықшақтарға топтасуын анықтайды. Жарықша ұшының алдындағы тіктөртбұрышпен шектелген аудан 1-суретте көрсетілген, оның таралуының тұтқыр режимінің мүмкіндігін анықтайды. Жарықшықтың өсуінің екінші кезеңі (сынғыш) максималды тангенциалды кернеулердің (2 және 3) бағыттарында болады. Бұл жағдайда (ілеспе) деформациялар негізінен дислокациялардың тұрақсыздығынан туындайды.

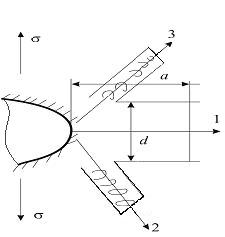
Осы себепті жарықшақтардың ең ықтимал өсуі көрші дәндердің сырғанау жазықтығынан оған түсетін дислокация нәтижесінде болады, дегенмен жарықшақтардың ұзаруының басқа механизмдерінің мүмкіндігін жоққа шығаруға болмайды.

Жалпы жағдайда сызаттардың үдемелі өсу сатысындағы бұзылу процесін (деструкцияның дайындық кезеңі) келесідей көрсетуге болады 2-суретте көрсетілген.

Бастапқы кезеңде дислокацияның бұзылуына және қозғалысына байланысты материал құрылымының қайта құрылымдауы жүктемеге дейін ондағы ақаулардың мезоскопиялық және құрылымдық деңгейлерінде орын алады. Дислокациялар осы орталықтарға асығады 2а-суретте көрсетілген және олар кедергілерге тап болған кезде бітеліп қалғанда, бұл аймақта серпімділік энергиясы жиналады. Бұл денеде кездесетін ақаулардың жоғарғы жағында сыни дилатондардың пайда болуына ықпал етеді 2б-суретте көрсетілген.

Осы уақыттағы микрожарықшалардың контуры материалдың зақымданбаған бөлігінде критикалық дилатон түріндегі жалғасы бар құрылымдық ақаудың контурымен анықталады.

Термиялық ауытқулардың әсерінен критикалық дилатондар жарылып ыдырайды, эмбриональды жарықтар түзеді және бұрыннан бар ақаулармен біріктіріліп, оларды ұзартады, 2в-суретінде көрсетілген. Жарылып, дилатон қоспалардан дислокацияның босатылуын тудырады және стресс релаксациясы пайда болады.



**1-сурет -** **Жарықшықтың таралуының екі режимі: 1 – иілгіш; 2, 3 – нәзік тәрізді,**

**a – тереңдік және d – жарықшақ мөлшері**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| а | б | в |

# *а - ақау ұшында дислокациялардың жиналуы; b – критикалық дилатонның қалыптасуы;*

# *c- дилатон ыдырауынан кейінгі жарықшақтың ұзаруы*

**2-сурет -** **Деструкцияның дайындық сатысындағы микрожарықшалардың өсу сұлбасы**

Шекаралық массивтің таужыныстарының қатаюы (цементтеу, тау жыныстарының химиялық қатаюы және т.б.) тау жыныстарының созылу беріктігінің жоғарылауына және қазбалар маңындағы жарықшақ аймақтарының азаюына немесе жойылуына әкеледі. Егер өңделген жыныс массасының беріктігі шекаралық массаға әсер ететін кернеулерден үлкен болса, онда қирау болмайды және кеңею жойылады.

Орын ауыстыруды есептеу бағдарламасы. Күтілетін жылжуларды болжауға арналған жоғарыда сипатталған математикалық аппарат «КМС-Ш» (шахталар үшін орын ауыстыруды модельдеу кешені). Бағдарлама есептеуде қолданылатын коэффициенттер мен тұрақтылардың параметрлерін енгізуден және программаның интерфейстік бөлігін инициализациялаудан басталады.

Келесі қадам қолайлы мәндер мен деректердің дұрыстығын бақылайтын интерфейсті пайдаланып интерактивті деректерді енгізу болып табылады.

Бағдарламаға бастапқы деректер ретінде келесі көрсеткіштер енгізіледі:

* даму тереңдігі, м;
* тау жыныстарының көлемдік салмағы, кН/м3;
* қабаттардың қалыңдығын және сәйкес қабаттың физикалық-механикалық қасиеттерін (қысылу және созылу беріктігі, адгезия коэффициенті және т.б.) көрсететін жүргізіліп жатқан қазбаның геологиялық қимасы;
* жыныс қабатының еңіс бұрышы, град;
* қазбаның көлденең қимасының пішіні және оның геометриялық өлшемдері, м.

**Нәтижелер мен талқылау.** Күтілетін жылжуларды сандық модельдеу «АрселорМиттал Теміртау» АҚ КД Саранская кенішіндегі 50к10-1 шығыс желдеткіш еңісі мысалында қарастырылады. Қазба 428-554 м тереңдікте, 100 бұрышта жүргізіледі. Қазбаның ұзындығы 630 м, орналасқан жеріндегі тігістің жалпы қалыңдығы 4,65 м. К10 тігістің құрылымы күрделі болып табылады. Қалыңдығы 0,05-1,17 м, көміртекті аргиллит пен қалыңдығы 0,01-0,04 м аргиллит қабаттарымен бөлінген 9 көмір қаптамасының К10 қабаты көмір мен газдың кенеттен бөлінуінен қауіпті қабатқа жатады, тереңдігі 300 м. Қабат газ бен шаңның әсерінен қауіпті, өздігінен жануға бейім.

Қабаттың негізгі төбесінде құмтастар (m=23,7-29,56 м, f=60 МПа) бар. Тікелей төбе қалыңдығы 1,24-2,09 м (f = 25 МПа) балшық тастармен ұсынылған. Жалған төбесі көміртекті балшықтан, балшықтан тұрады, қалыңдығы 0,45 м (f = 15 МПа).

Қабат топырағында қалыңдығы 5,25-6,35 м (f=20-25 МПа), тұрақсыз, көтерілуге бейім аргиллиттер бар. Болжалды су ағыны 5 м3/сағ дейін жетеді.

Қазбаны бекіту үшін 0,8 м қадаммен анкер тірегі қолданылады. Қазбаның 1 м жеріндегі анкерлер саны төбеде – 12, бүйірлерде – 6.

KMS-Ш бағдарламасын [5, 6] пайдалана отырып, контур массивінің келесі күтілетін орын ауыстырулары алынды:

* қазбаның төбесінде – 200 – 300 мм;
* қазбаның табанында – 500 – 650 мм;
* қазбаның бүйірлерінде – 150 – 200 мм.

Модельдеу нәтижелерін және нақты орын ауыстыруларды салыстыру үшін ПК10, 18, 21, 32, 52, 59 пикеттерде бет ілгерілеуіне қарай бақылау станциялары орнатылды.

Оң жақтан орын ауыстыруларды талдау 3а суретте көрсетілген деформацияның интенсивті кезеңі бақылау эталондарын орнату сәтінен бастап бірінші айда болатынын көрсетеді. Бірінші айда ығысу мөлшері 7 мм болды. Келесі айларда ешқандай ауысым байқалмады.

Шахтаның оң жағында бірінші айда контурлық массивтің жыныстарының қарқынды ығысулары байқалды. Максималды орын ауыстыру мәндері 3 мм болды. Келесі айларда ауысым байқалмады.

3b-суретте желдеткіш еңістің төбесі жыныстарының жылжуының даму динамикасы көрсетілген, одан барлық жылжулардың бірінші ай ішінде болғанын көруге болады. Келесі айларда толық тоқтағанға дейін ығысу қарқындылығының төмендеуі байқалады. Максималды орын ауыстыру мәндері 3 мм-ден аспады, бұл таңдалған тірек параметрлерінің тиімділігін көрсетеді.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ығысуы, мм |  | |
|  | тәулік, ұзақтығы | тәулік, ұзақтығы |
|  | а | *b* |

**3-сурет -** **Тау жыныстарының оң (1) және сол (2) жағындағы жылжулары (а),**

**төбе жыныстары (3) және табан (4) қазба (b)**

Табандардың көтерілуін талдау бірінші айдағы ең жоғары ығысу мәндері 10 мм-ден аспайтынын көрсетті. Келесі айда қарқындылықтың төмендеуі байқалды және максималды ығысулар 4 мм-ден аспады. Алынған ығысу мәндерін тікелей табанда 5,25-6,35 м (f = 20-25 МПа) тұрақсыз, көтерілуге бейім лай тастардың болуымен түсіндіруге болады. Тұтастай алғанда, барлық пикеттер үшін орын ауыстыруларды талдау белгілі бір дәрежеде жалпы сипатта және 4-суретте қарастырылған мысалға ұқсас.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ығысуы,мм |  |  |
|  | тәулік, ұзақтығы | тәулік, ұзақтығы |
|  | а | b |

**4-сурет -** **Қазбаның (а) және табандардың (b) жыныстарының жылжуының даму динамикасы**

Анкерлік тірек пайдаланылмаған аймақ үшін контур массивінің жылжуын есептеу алынған мәндер ± 7,2% орташа квадраттық қателікпен байқалған мәндермен сәйкес келетінін көрсетті.

Анкерлік тірек орнатылған аймақ үшін нақты нәтижелермен салыстырғанда есептеу нәтижелерін ескере отырып, болжамды орын ауыстырулардың мәндері нақтыдан үлкен мәндер реті екенін көрсетеді. Бұл жыныс болттарын пайдалану күтілетін жылжуларды бірнеше есе азайтады дегенді білдіреді.

Анкерлік тірек болған кезде төбенің жылжуының қарқындылығы 8 мм, яғни.

мм/ тәулік.

Егер бірінші айдағы максималды күтілетін орын ауыстыруды 300 мм деп алсақ, онда ығысу қарқындылығы мынаған тең болуы керек:

мм/ тәулік.

Көріп отырғаныңыздай, анкерлік болттардың жұмысының арқасында жылжу қарқындылығы 40 есеге жуық азаяды.

Анкерлердің санын және олардың жүк көтергіштігін ескере отырып, бекітілген және бекітілмеген жұмыстардың орын ауыстыру мәндері арасындағы байланысты алуға болады (19):

, (19)

мұнда – нақты орын ауыстыру қарқындылығының есептелгенге қатынасы

немесе анкерді қолдану есебінен орын ауыстырулар

қарқындылығының төмендеуі қолдау көрсету.

Өз кезегінде, ығысу қарқындылығының төмендеуін критерий түрінде көрсетуге болады:

, (20)

мұнда – анкердің жүк көтергіштігі, т;

– анкер саны, шт.

Ығысулардың қарқындылығы мен тіректің көтергіштігі арасындағы байланысты анықтау үшін тіректің көтеру қабілетін өзгерту және әр жағдай бойынша орын ауыстыруларды өлшеу арқылы әрі қарай зерттеулер жүргізу қажет.

Есептелген аналитикалық мәндерді сандық әдіспен алынған мәліметтермен салыстыра отырып, олардың жинақтылығы туралы қорытынды жасауға болады:

* далалық өлшемдер мен аналитикалық әдіс арасындағы төбедеғі қозғалыстарды есептеу қателігі шамамен 2% құрайды;
* сандық және аналитикалық әдістерді қолдана отырып, эксперименттік мәліметтер арасындағы жақтардағы орын ауыстыруларды есептеу қателігі шамамен 6% құрайды;
* аналитикалық жолмен алынған табандағы қозғалыстар табиғи жағдайда алынған қозғалыстардан 2,8 есе көп.

Біртекті емес массивтегі тау жыныстарының деформацияланған күйін реологиялық модель бойынша өңдеу, дайындық, капиталдық және т.б., кезінде тірек параметрлерін белгілей отырып модельдеу тек тау-кен жұмыстарының әсерінен өндірісті жүргізу мен ұстаудың геомеханикалық шарттарын ескере отырып мүмкін болады.

Геологиялық, тау-кен-техникалық және технологиялық пайдалану жағдайлары, тау-кен жұмыстарын басқару схемалары:

* жұмыс тереңдігі, м; тік және көлденең жүктемелер, кН/м2; Пуассон қатынасы [8,9].

Массивтің тау-кен-геологиялық қасиеттеріне мыналар жатады:

* қабат сипаттамалары;
* қабат төбесінің ординаты;
* сәйкес жыныс қабатының адгезия коэффициенті;
* ішкі үйкеліс бұрышы;
* бір осьті қысу күші, МПа;
* созылу беріктігі, МПа;
* қабаттардың көкжиекке еңкею бұрышы.

Шахта контурларының ығысуы мен бұзылуының сандық нәтижелері 6-суретте көрсетілген графикалық және мәтіндік формада берілген.

Бастапқы деректер: игеру тереңдігі – 800 м; тік жүктеме – 10 кН/м2; көлденең жүктеме – 10 кН/м2; қазбаның көлденең қимасының пішіні тікбұрышты; жоғарғы жағындағы ені (төменгі) – 6,0 м; қазба биіктігі – 4,0 м.

Нәтижесінде есептелген орын ауыстырулар: төбесі – 0,272 м; табан – 0,276 м; жақтары – 0,236 м.

Игеру қазбаларының айналасындағы шекаралық массивтегі тау жыныстарының қабаттарының жылжу процесінің дамуына әртүрлі факторлардың әсерін анықтау үшін орын ауыстыруларды модельдеуге арналған компьютерлік бағдарламаны пайдаланып сандық тәжірибені қолдануға болады [10,11].

Өндіріс орындарының жанындағы тау жыныстарының кернеулі-деформациялық күйінің параметрлерін салыстырмалы бағалау үшін тау-кен геологиялық жағдайларға байланысты шекаралық массивтің орын ауыстыруы.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| a | b |

*а – қираулар мен ығысулар контурларының схемасы; b – есеп айырысуларға түсініктеме.*

*1 – төбе жыныстары; 2 – серпімді деформация аймағы; 3 және 4 – қазбаның төбесі мен бүйіріндегі серпімсіз деформациялар аймақтары; 5 – қазба қуысы; 6 – табан жыныстары; 7 және 8 – қазбаның пайдалану және бастапқы контуры.*

**5-сурет -** **Есептеу нәтижелері туралы есептің мысалы**

Дамуын зерттеудің аналитикалық және тәжірибелік әдістері қолданылды. Жылжулардың дамуына әсер ететін негізгі фактор жұмыстың тереңдігіне байланысты тау жыныстарының қысымы болып табылады.

Орташа біртекті массивте бір жұмыс үшін есептеулер жүргізілді, Қарағанды көмір бассейні үшін тау жыныстарының бір осьтік сығу беріктігі 24 МПа.

Өңдеудің көлденең қимасының пішіні доға тәріздес, ені – 5,57 және биіктігі – 3,55 м, қазбалардың батыру тереңдігі 400 м-ден 800 м-ге дейін өзгерді (Қарағанды көмір бассейнінің шахталары үшін тереңдік интервалы).

Контур массивінің жылжуларының жұмыс тереңдігіне аналитикалық тәуелділігі 6а-суретте көрсетілген. Бүйірлік итеру коэффициентінің мәні 1,0 деп қабылданады.

Қарастырылған тереңдік интервалы үшін контурлық массивтің тіреусіз жұмыстың төбе жағынан күтілетін жылжулары мен 6а-суретте көрсетілген жұмыс тереңдігі арасындағы сызықтық байланыс орнатылды, формуламен өрнектеледі (21):

, при *r* = 0,97. (21)

Кен қазбаларының шекаралық массасының ығысуына әсер ететін маңызды фактор тәжірибеде Қарағанды көмір бассейніне тән шектерде (10-40 МПа) өзгерген тау жыныстарының беріктігі болып табылады.

Контурлық жыныс массасының жылжуларының беріктікке экспоненциалды тәуелділігі анықталды, формуламен өрнектеледі (22):

, кезінде *r* = 0,96. (22)

Контурлық массив таужыныстарының төбе жағынан ығысуларының олардың бір осьтік сығымдалу беріктігіне тәуелділігі 6*b*-суретте көрсетілген.

6*b*-суреттен максималды ығысулар тау жыныстарының минималды беріктігіне сәйкес келетіні, сәйкесінше ең жоғары тау жыныстарының беріктігі ең аз ығысуларға сәйкес келетіні шығады.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ығысуы, мм |  |  |
|  | жыныстардың беріктігі | жыныстардың беріктігі |
|  | а | b |

**6-сурет -** **Контурлық массив таужыныстарының жылжуларының жұмыс тереңдігіне тәуелділігі (а) және олардың төбе жағынан бір осьті сығуға беріктігі (b)**

**Қорытынды.** Тау жыныстарының қопсыту коэффициентін азайту жөніндегі ұсынымдар (дилатансия) мынадай параметрлерге әсер етумен алынуы мүмкін. Деформациялау жылдамдығының артуы жыныс беріктігі шегінің және серпінді энергияның өсуіне әкеледі, бұл қазбаға жақын қирау аймағының пайда болу ықтималдығын төмендету тұрғысынан қолайлы және егер есептік кернеулер жыныс беріктігінің шегінен артық болса, жыныстардың қопсытылуының ұлғаюына әкеледі. Егер қирау аймақтары қалыптасатын болса, ал бұл қазба жүргізілген жыныстардың қасиеттеріне байланысты болса, жарықтар қабырғаларының жылжуы есебінен дилатанцияны төмендету үшін жыныстардың деформация жылдамдығын төмендету қажет, бұл жыныстарды жалаңаштағаннан кейін бірден тау-кен бекітпесін орнатумен қол жеткізілуі мүмкін.

Кернеудің өсуі қазбаның жату тереңдігімен анықталады. Қазба контурынан массивтің тереңдігіне алшақтау арқылы жарықтардың аралас беттерінің орын ауыстыруынан дилатация ықтималдығы төмендейді.

Жыныстарды қопсыту кернеу шоғырлануын және кернеудің төмен мәнін болдырмайтын қазбалардың көлденең қимасының нысанын қолдану есебінен азайтылуы мүмкін.

Жыныстар құрылымының сипаттамасы жыныстардың бұзылуы кезінде үлкен жаққа және нығаюы кезінде аз жаққа өзгереді. Екі жағдайда да жыныс беріктігінің шегіне әсер етеді. Беріктік шегінің төмендеуі қирау аймағының ұлғаюына әкеледі, ал пластикалық қасиеттердің ұлғаюы жинақталған серпінді энергияның төмендеуіне және жарықтың қарама-қарсы беттерінің орын ауыстыруынан дилатансия ықтималдығына әкеледі.

Контур жанындағы массив жыныстарының нығаюы (цементтеу, жыныстардың химиялық нығаюы және т.б.) жыныстардың беріктігі шегінің ұлғаюына және қазбаға жақын қирау аймағының азаюына немесе жойылуына әкеледі. Егер жыныстардың өңделген массивінің беріктігі контур жанындағы массивте әрекет ететін кернеулерден артық болған жағдайда, қираулар болмайды және дилатансия болмайды.

**Әдебиеттер**

1. Demin W., Demina, Т. Deminа, Steflyuk Y. Enhancement of coal seams and mined-out areas degassing productivity (статья). Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining–Bondarenko, Kovalevs’ka & Ganushevych (eds), Taylor & Francis Group, London, 2014. - С. 209-215.
2. Демин В.Ф., Демина Т.В., Кайназаров А.С., Кайназарова А.С. Оценка эффективности применения технологических схем проведения горных выработок для повышения устойчивости их контуров// Устойчивое развитие горных территорий. – 2018. - Т.10. - № 4 (38). - C. 606 - 617. DOI 10.21177/1998-4502-2018-10-4-606-616
3. Цай Б.Н., Бондаренко Т.Т., Бахтыбаев Н.Б. Одилатансии горных пород // Вестник КазНТУ. -2008. - № 5. -С. 45 – 50.
4. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Механика деформирования и разрушения горных пород. – М.: Недра, 1992. – 224 с.
5. Демин, В.Ф. Технология крепления выработок на основе оценки напряженно-деформированного состояния породно-анкерной конструкции : монография / В. Ф. Демин, Т. В. Демина, А. Д. Каратаев. - Караганда : ТОО "Арко", 2015. - 200 с. - (Рейтинг). - ISBN 978-601-204-240-5
6. Демин В.Ф., Демина Т.В. Технология повышения устойчивости геомеханической системы «анкерная крепь-слоистый массив пород»:монография. -Караганда, изд-во «Арко». 2015. -204 с.
7. Зейнуллин А.А., Кайназарова А.С., Кайназаров А.С. и др. Оценка способов поддержания горных выработок на основе применения анкерной крепи на шахтах Карагандинского угольного бассейна//Уголь. – 2021. – №2. – С. 4-9. DOI 10.18796/0041-5790-2021-2-4-9
8. Алиев С.Б., Демин В.Ф., Кайназаров А.С., Милитенко Н.А. Оценка состояния приконтурного горного массива на сопряжении лавы с примыкающей выемочной выработкой //Уголь. – 2023. – №1. – С. 35-39. DOI 10.18796/0041-5790-2023-1-35-39
9. Абеуов. Е.А, Демин В.Ф., Кайназаров А.С. Развитие деформаций в почве при установке припочвенной анкерной крепи// Промышленность Казахстана, Алматы, 2019, №2(106), С. 74 -77.
10. Голик В.И. [Оптимизация технологии разработки маломощных пологих рудных тел на геомеханической основе](https://elibrary.ru/item.asp?id=27510538)// [Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле](https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1686650). 2016. [№ 4](https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1686650&selid=27510538). С. 139-152.
11. Matayev A.K., Kainazarova A.S. et al. Research into rock mass gejvtchanical sition in the zone of stope operations influence at the 10th Anniversary of Kazakhstan’s Independence mine // Mining of Mineral Deposits. – 2021. – Vol. 15, Iss. 1. – P. 103-111. DOI 10.33271/mining15.01.103

**References**

1. Demin W., Demina, T. Demina, Steflyuk Y. Enhancement of coal seams and mined-out areas degassing productivity (stat'ya). Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining–Bondarenko, Kovalevs’ka & Ganushevych (eds), Taylor & Francis Group, London, 2014. - S. 209-215.

2. Demin V.F., Demina T.V., Kainazarov A.S., Kainazarova A.S. Otsenka effektivnosti primeneniya tekhnologicheskikh skhem provedeniya gornykh vyrabotok dlya povysheniya ustoichivosti ikh konturov// Ustoichivoe razvitie gornykh territorii. – 2018. - T.10. - № 4 (38). - C. 606 - 617. DOI 10.21177/1998-4502-2018-10-4-606-616 [in Russian]

3. Tsai B.N., Bondarenko T.T., Bakhtybaev N.B. Odilatansii gornykh porod // Vestnik KazNTU. -2008. - № 5. -S. 45 – 50. [in Russian]

4. Stavrogin A.N., Protosenya A.G. Mekhanika deformirovaniya i razrusheniya gornykh porod. – M.: Nedra, 1992. – 224 s. [in Russian]

5. Demin, V.F. Tekhnologiya krepleniya vyrabotok na osnove otsenki napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya porodno-ankernoi konstruktsii : monografiya / V. F. Demin, T. V. Demina, A. D. Karataev. - Karaganda : TOO "Arko", 2015. - 200 s. - (Reiting). - ISBN 978-601-204-240-5 [in Russian]

6. Demin V.F., Demina T.V. Tekhnologiya povysheniya ustoichivosti geomekhanicheskoi sistemy «ankernaya krep'-sloistyi massiv porod»:monografiya. -Karaganda, izd-vo «Arko». 2015. -204 s. [in Russian]

7. Zeinullin A.A., Kainazarova A.S., Kainazarov A.S. i dr. Otsenka sposobov podderzhaniya gornykh vyrabotok na osnove primeneniya ankernoi krepi na shakhtakh Karagandinskogo ugol'nogo basseina//Ugol'. – 2021. – №2. – S. 4-9. DOI 10.18796/0041-5790-2021-2-4-9 [in Russian]

8. Aliev S.B., Demin V.F., Kainazarov A.S., Militenko N.A. Otsenka sostoyaniya prikonturnogo gornogo massiva na sopryazhenii lavy s primykayushchei vyemochnoi vyrabotkoi //Ugol'. – 2023. – №1. – S. 35-39. DOI 10.18796/0041-5790-2023-1-35-39 [in Russian]

9. Abeuov. E.A, Demin V.F., Kainazarov A.S. Razvitie deformatsii v pochve pri ustanovke pripochvennoi ankernoi krepi// Promyshlennost' Kazakhstana, Almaty, 2019, №2(106), S. 74 -77. [in Russian]

10. Golik V.I. Optimizatsiya tekhnologii razrabotki malomoshchnykh pologikh rudnykh tel na geomekhanicheskoi osnove// Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2016. № 4. S. 139-152. [in Russian]

11. Matayev A.K., Kainazarova A.S. et al. Research into rock mass gejvtchanical sition in the zone of stope operations influence at the 10th Anniversary of Kazakhstan’s Independence mine // Mining of Mineral Deposits. – 2021. – Vol. 15, Iss. 1. – P. 103-111. DOI 10.33271/mining15.01.103

***Авторлар туралы мәліметтер***

Қайназаров А.С. - техника ғылымдарының кандидаты, академик Қ. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты, Екібастұз, Қазақстан, e-mail: armanayn@mail.ru;

Демин В.Ф. - техника ғылымдарының докторы, профессор, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: vladfdemin@mail.ru;

Қайназарова А.С. - PhD докторы, академик Қ. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты, Екібастұз, Қазақстан, e-mail: [k.ainash.c@mail.ru](mailto:k.ainash.c@mail.ru);

Абрахман Е. А. – докторант, НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, e-mail: [yelnur.abdrakhman@mail.ru](mailto:yelnur.abdrakhman@mail.ru).

***Information about the authors***

Kainazarov A.S. - Candidate of Technical Sciences, Ekibastuz Engineering and Technical Institute named after

Academician K. Satpayeva, Kazakhstan, e-mail: [armanayn@mail.ru](mailto:armanayn@mail.ru);

Demin V.F. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University NPJSC, Kazakhstan, e-mail: vladfdemin@mail.ru;

Kainazarova A.S. – Doctor PhD, Ekibastuz Engineering and technical Institute named after academician K. Satpayev, Ekibastuz, Kazakhstan, e-mail: [k.ainash.c@mail.ru](mailto:k.ainash.c@mail.ru).

Abrahman E. A. - is a doctoral student, "Abilkas Saginov Karaganda Technical University" NPJSC, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: yelnur.abdrakhman@mail.ru.

# МРНТИ 52.47.01

**THE FEASIBILITY STUDY ON EFFICIENCY OF DEVELOPMENT OF THE OIL FIELD ON THE LAND AND THE SHELF OF THE CASPIAN SEA WITH USE**

**GRAVITATIONAL MODE OF PRODUCTION**

**B. Nuranbayeva**

Caspian University, Almaty, Kazakhstan,

**🖂**Corresponding author: bulbulmold@mail.ru

Traditional technologies of oil production on the land and the sea shelf have low coefficient of oil recovery, thus cause a huge loss to environment to what become frequent oil spills testify worldwide. In article the innovative way of development of oil fields allowing to increase significantly oil recovery by means of artificially created gravitational mode is described and also completely to exclude environmental pollution when developing offshore fields thanks to oil production by a dense grid of wells which are drilled from horizontal wells. In comparison with usual ways of oil production on the shelf, such as development, from bulk islands, oil platforms and platforms, this way has a number of technological and economic advantages. Experience of application of similar technologies around the world is considered. For comparison outputs of wells and capital expenditure on the example of oil fields Kyrykmyltyk and Kashagan in Kazakhstan are counted.

**Keywords:**oil, well, development, shelf, bulk island, efficiency, gravitation.

**ШАХТА-ҰҢҒЫМА ТӘСІЛІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЙРАҢЫНДАҒЫ ҚАШАҒАН МҰНАЙ КЕН ОРНЫН ИГЕРУ ТИІМДІЛІГІНІҢ**

**ТЕХНИКАЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕМЕСІ**

**Б.М. Нұранбаева**

Caspian University, Алматы, Қазақстан,

e-mail: bulbulmold@mail.ru

Құрлықта және теңізде шельфтегі дәстүрлі мұнай өндіру технологиялары қоршаған ортаға орасан зор зиян келтіре отырып, мұнай өндірудің төмен коэффициентіне ие, бұл бүкіл әлем бойынша мұнайдың жиі төгілуінен көрінеді. Мақалада жасанды түрде жасалған гравитациялық режим арқылы мұнай өндіруді едәуір арттыруға, сондай-ақ көлденең ұңғымалардан бұрғыланатын ұңғымалардың тығыз торымен мұнай өндіру арқылы Теңіз кен орындарын игеру кезінде қоршаған ортаның ластануын толығымен жоюға мүмкіндік беретін мұнай кен орындарын игерудің инновациялық әдісі сипатталған. Үйінді аралдардан, мұнай платформаларынан және платформалардан игеру сияқты қайраңда мұнай өндірудің әдеттегі әдістерімен салыстырғанда, бұл әдіс бірқатар технологиялық және экономикалық артықшылықтарға ие. Әлемде осындай технологияларды қолдану тәжірибесі қарастырылды. Салыстыру үшін Қазақстандағы Қырықмылдық және Қашаған мұнай кен орнының мысалында ұңғымалардың дебиттері мен күрделі шығындар есептелді.

**Түйін сөздер**: Мұнай, ұңғыма, игеру, шельф, үйінді арал, тиімділік, ауырлық күші.

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАШАГАН НА ШЕЛЬФЕ КАСПИИЙСКОГО МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШАХТНО-СКВАЖИННОГО СПОСОБА**

**Б.М. Нуранбаева**

Caspian University, Алматы, Казахстан,

e-mail: bulbulmold@mail.ru

Традиционные технологии добычи нефти на суше и морском шельфе имеют низкий коэффициент нефтеотдачи, при этом наносят огромный ущерб окружающей среде, о чем свидетельствуют частые разливы нефти по всему миру. В статье описан инновационный способ разработки нефтяных месторождений, позволяющий значительно увеличить нефтеотдачу за счет искусственно созданного гравитационного режима, а также полностью исключить загрязнение окружающей среды при разработке морских месторождений за счет добычи нефти плотной сеткой скважин, которые бурятся из горизонтальных стволов. По сравнению с обычными способами добычи нефти на шельфе, такими как разработка, с насыпных островов, нефтяных платформ и платформ, этот способ имеет ряд технологических и экономических преимуществ. Рассмотрен опыт применения подобных технологий в мире. Для сравнения подсчитаны дебиты скважин и капитальные затраты на примере нефтяных месторождений Кырыкмылтык и Кашаган в Казахстане.

**Ключевые слова:** нефть, скважина, разработка, шельф, насыпной остров, эффективность, гравитация.

**Introduction.** The oil and gas industry in Kazakhstan has traditionally been regarded as the leading activity that determines the main trends of economic development and growth in the country and has one of the greatest impacts on the welfare of Kazakhstanis. This state of affairs is explained by the presence of large oil and gas reserves in Kazakhstan, the high level of production of these raw materials in the country and the corresponding volumes of exports. Thus, according to various estimates, Kazakhstan's total oil and gas reserves are estimated at 11-12 billion tonnes, with daily production of oil and gas condensate in the country increasing from 0.52 million barrels (0.7% of world supply) to 1.97 million barrels (1.9% of world supply) between 1997 and 2019. At the same time, from 1999 to 2018, the volume of Kazakhstan's oil and gas condensate exports increased from 47.1 million to 69.8 million tonnes.

Currently, one in four tonnes of oil in the world is recovered from the seabed. Offshore exploration drilling is taking place in more than 65 countries and covers shelves on all continents. Among them, Saudi Arabia, Great Britain, Mexico, Venezuela, and the United States are the countries producing the largest amount of oil offshore.

In recent decades, the share of oil and gas in the world fuel and energy balance accounts for more than 70 per cent of all energy sources. Taking into account the high environmental requirements of the public for the construction of nuclear and hydraulic power plants, it will increase even more in the future. In connection with this, specialists of oil and gas industry of all countries faced the problem of search, exploration, development and exploitation of continental shelf fields, turning it into a large base of hydrocarbon raw materials, where over 700 million tonnes of oil and 300 billion m3 of gas are produced annually. Oil and gas prospecting and exploration works in these zones are carried out in more than 70 countries, including the Arctic regions of the USA and Canada. At the same time, the share of oil produced in 45 countries in the world production volume has already exceeded 28% and is expected to increase to 45-65% (approximately by 2020). Kashagan production in 2023 reached a record level of about 18.8 million tonnes [1].

The annual total cost of developing offshore oil and gas resources in developed and developing countries exceeds $50 billion. The annual total cost of offshore oil and gas development in developed and developing countries exceeds USD 50 billion, of which about 25% is spent on prospecting and exploration. For example, more than 60 billion US dollars were spent on exploration of oil and gas resources in the British sector of the North Sea alone in 1965-1985, which made it possible to develop oil and gas resources in the 25 years after the development of the North Sea. For example, more than $60 billion was spent on exploration of oil and gas resources in the British sector of the North Sea between 1965 and 1985, which made it possible to increase the level of oil production in the British sector to 124.4 million tonnes per year within 25 years after the start of the work. This success was due to the development of a proper strategy for prospecting, exploration, development, exploitation of the fields in this offshore region and the construction of the necessary technical means and facilities for this purpose.

In July 1999, the OKIOC International Consortium began drilling the first well on the East Kashagan structure using the Sun-Kar drilling barge. The well is located approximately 75 kilometres south-west of the city of Atyrau. On 24 July 2000, the well reached a depth of approximately 5,100 metres and OCIOC officially announced the discovery of the Kashagan oil and gas field offshore the Caspian Sea. An oil-bearing interval was discovered in Paleozoic carbonates at a depth of 4126 m (the interval is 61 m long and the whole oil-bearing formation is 1026 m) and oil flow rate of up to 600 m3 per day and gas flow rate of 200 thousand m3 per day were obtained. According to experts, the total reserves of oil and raw materials in the East Kashagan field are estimated at 7 billion tonnes, and the total of about 100 promising structures of Kazakhstan's Caspian shelf at 10-12 billion tonnes.

At present, the international consortium Agip KCO (formerly OKIOC) has drilled exploration wells on the Kashagan, South-West Kashagan, Aktoty, Kairan, Kalamkas Sea structures.

Another Kazakhstani offshore project is the development of two nearshore offshore blocks off the coast of the Kurmangazy and Isatai districts of the Atyrau region and includes exploration and development of the South Zhambai pre-salt structure and a number of above-salt structures, including South Zaburye. The works on these blocks are conducted by NC KazMunayGas JSC. Recently JSC «Kazakhstankaspiyshelf» completed the second stage of three-dimensional seismic survey, drilling of an exploration well is planned.

If all forecasts on oil reserves of Kazakhstan's part of the Caspian Sea shelf are confirmed, then in the near future Kazakhstan can safely count on a place in the seven countries with the largest crude oil reserves.

The experience of work on offshore oil and gas fields shows that for their effective development the traditional technical means and methods used on land are often unacceptable. In order to realise this problem, especially in connection with the development of the Arctic shelf and the increase in the depth of the sea, it is necessary to carry out complex research work and create special technical means and technologies. The practice of exploitation of the Caspian Sea reservoirs makes it possible to establish technical, technological and organisational conditions for the development of offshore deposits, oil and gas production, rational methods of their intensification, as well as the main factors ensuring the increase in oil recovery.

For the first time the gravitational way of oil production was applied in industrial scale in several countries, but didn't gain further development, as demanded construction of additional excavations (tunnels, mines, cross-cuts, etc.) though allows increase oil recovery of oil fields considerably. The most considerable industrial facilities [2-5] where the gravitational mode of production was applied.

Peshelbronn field in France where due to application of such way oil recovery increased from 17% to 43%.

OnSarata-Monteor field in Romania due to application of the gravitational mode oil extraction reached 55 – 60%.

In 1939 development of the Yaregsky field of a deposit of heavy oil, with application of excavations and the gravitational mode, allowed to bring oil recovery to 50 – 60% is begun that it is much higher than a level, reached when developing oil fields of small and average viscosity by traditional methods.

For development of a field of Troms of II in the Norwegian Sea the option of replacement of expensive oil platforms with the tunnels gone from the land on 30 km to side of the sea [6] was offered.

The given examples show that artificially created gravitational mode when developing fields of light crude allows reach 60% of oil extraction and more. It can be also used for further development of fields of light crude where traditional ways of oil production sputtered out.

Today, oil and gas resources are depleted in most onshore oil and gas-bearing areas, and it is difficult to increase commercial reserves. In this connection, in recent decades, developed countries have sharply increased interest in the problem of developing oil and gas resources of the seas and oceans. The surface of the world ocean accounts for 71% of the Earth's surface, of which 7% is the continental shelf, which contains significant potential oil and gas reserves.

*The purpose* of this work to describe and show efficiency of the new gravitational way of development of fields of light and high-viscosity crude offered by us on the land and sea the shelf, excluding shortcomings of earlier known ways.

**Methods and Materials.** The northern Caspian Sea contains important bioresources, including populations of valuable food fishes, the waterfowl living in a coastal zone, and the most part of population of the Caspian seals.

Therefore oil operations in this territory should be performed carefully that there was the minimum impact on fragile ecology and bioresources of the area of the works which are of great importance for the population and economy of Kazakhstan and other Caspian states.

The giant Kashagan field is the largest discovery in the last four decades. Kashagan is one of the most complex industry projects in the world due to high levels of hydrogen sulphide, harsh offshore environmental conditions and engineering, logistics and safety issues.

For sea flora and fauna oil spills and emissions can have catastrophic consequences as it took place in the Gulf of Mexico [7]. The example of open emission of oil with gas on a field Tengiz in 1985 is also instructive. The largest Kashagan field is located on the shelf of the Caspian Sea has similar geology with Tengiz.

In case of development of a field with application of the gravitational mode offered by us, the incidents described above are excluded as there is no contact of the sea with wells.

Thus, no weather conditions, and also a winter season influence oil production in the gravitational way, and production can be carried out 24 hours per day during the whole year [8].

The known technology provides creation of tunnels or other mountain developments below productive layer from which on this layer drill the draining trunks. For safety horizontal excavations usually create in the steady formations below layer providing reliable isolation from oil layer. In the offered way [9] the main shortcoming is need of drilling of the draining wells from below up, i.e. rising that is very problematic.

Deposits of natural bitumens and heavy oil, the preserved deposits with high-viscosity oil, the developed fields with considerable residual reserves of oil and in the long term a zone of a continental shelf [10, 11] can be objects of development with application of heat and forces of gravitation first of all.

**Results and Discussion**. For carrying out researches data on development of such fields in Kazakhstan as Kyrykmyltyk and Kashagan were used. Thus the method of research including the analysis and synthesis of known and settlement data is used.

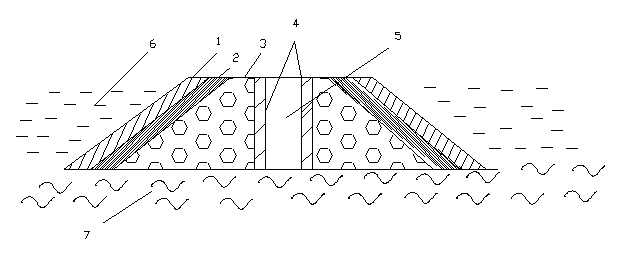
For the purpose of increase of productivity of production wells, oil recovery of layers, environmental protection and safety of objects of oil and gas production, the innovative way of their opening and operation at which artificially created gravitational operating mode of layer throughout the entire period of operation of a field is provided is offered below, and on a surface there will be only one well. For this purpose in the above-lying breeds (roof) layers from a trunk of a vertical well, horizontal wells through which the field is opened with the vertical wells constructed underground by their drilling from top to down from a horizontal well are carried out. For conducting of the initial vertical well connecting with horizontal to Kashagan it is offered to use bulk islands of a certain design (fig. 1).

Thus coast of a construction are executed flat and on perimeter are filled up with shell rock waste, and from above a shell rock sub-standard waste of production of biologically active mineral minerals (quartz, bentonite, a shungit, a glaukonit or others) which clear and improve biological quality of water round the island (fig. 1).

Use of a cylindrical cavity allows to reduce load of an island body when drilling a vertical and horizontal well that excludes formation of cracks. Besides, at accidents the flowed-out oil will be isolated from hit in a cavity of the island and then in the sea and can be pumped out in special capacity at rescue and recovery operations.

Use of waste of production of biologically active mineral minerals (quartz, bentonite, a shungit, a glaukonit or others) allows to solve at the same time a problem of cleaning and improvement of quality of sea water round the island and recycling of production of a shell rock, and biologically active mineral minerals (quartz, a shungit, bentonite, a glaukonit or others).

Thus high technical and ecological reliability of a construction is provided and it isn't required considerable material inputs.



*1- layer from biologically active breed*

*(bentonite, quartz, shungit, glaukonit or other)*

*2- layer from a shell rock*

*3- soil which is washed up in the course of deepening of the shelf or a flood plain of the river*

*4-iron or ferroconcrete protections*

*5-cylindrical cavity for drilling of wells*

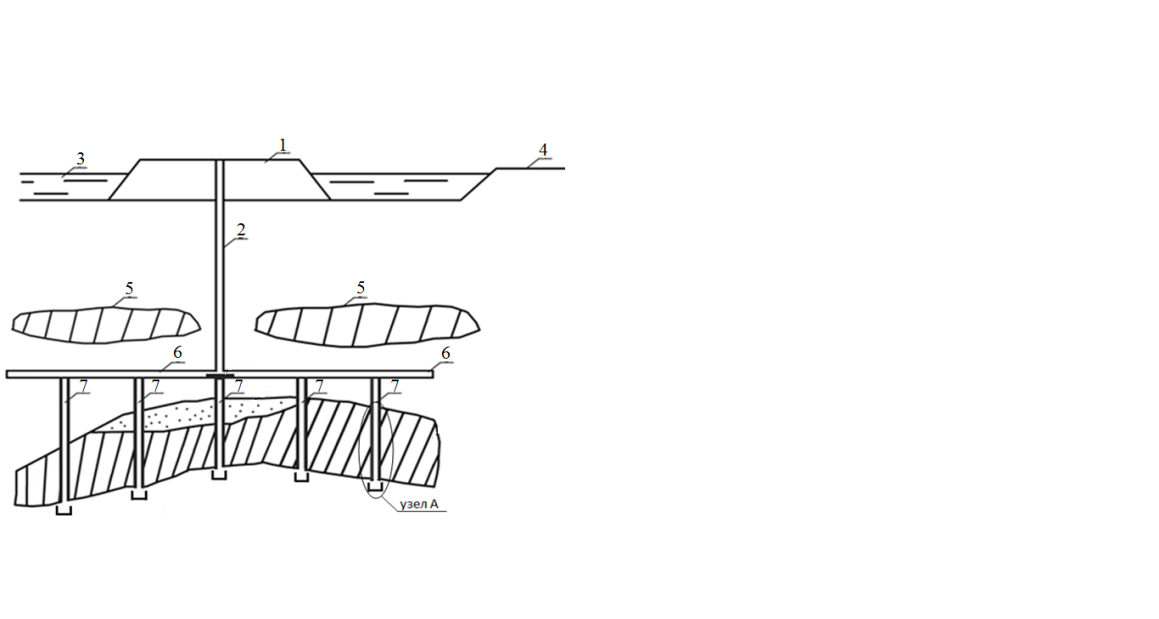
*6-sea water*

*7- seabed*

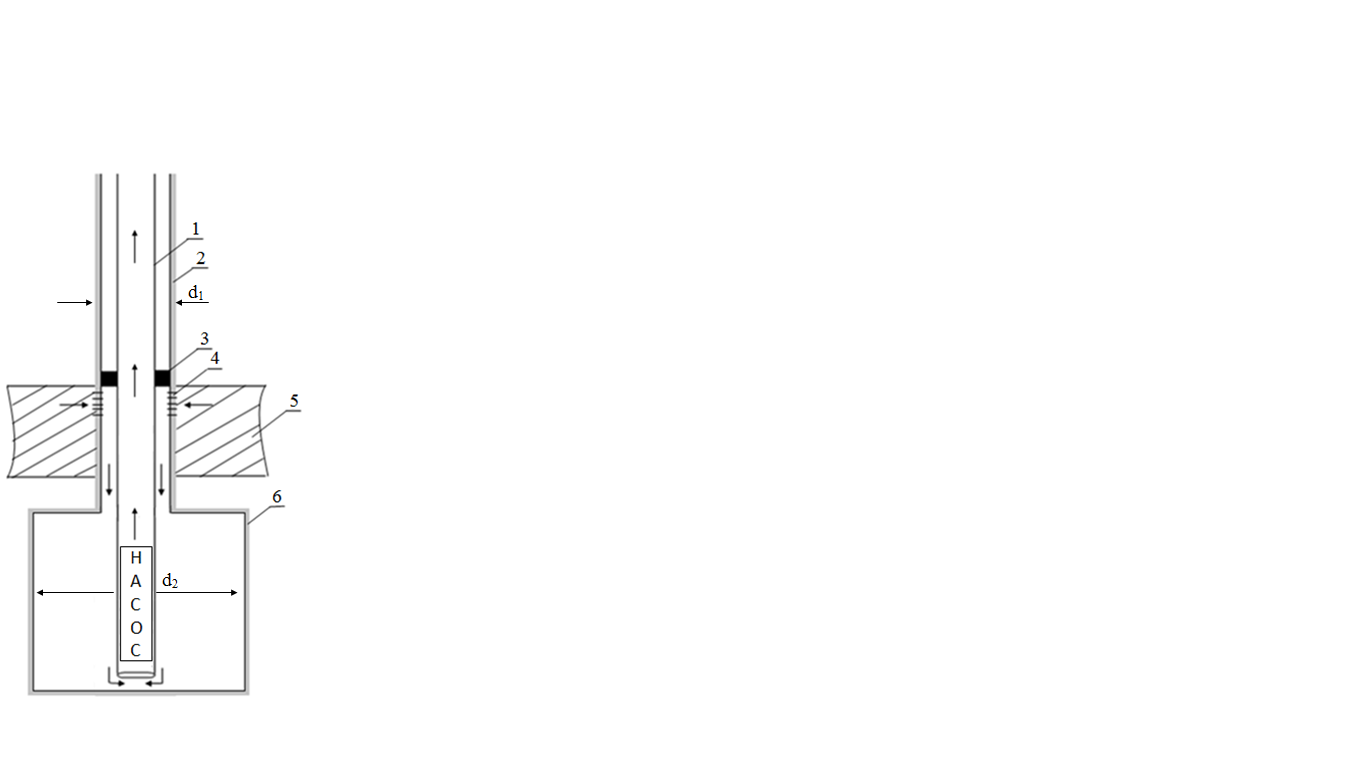
**Figure 1- Scheme of a section of the hydraulic engineering construction**

**(the bulk island for oil operations on the shelf)**

On the shelf over the location of layer of hydrocarbons and where hydrochloric layer doesn't stretch, build usually bulk island *1*, the design [12] stated above through which pass a vertical well *2* up to one depth below than a level of the sole of hydrochloric layer *5*, and also a horizontal well *6* passing on a roof of layer of hydrocarbons from which drill short operational wells the 7th diameter of d1 before crossing with layer of oil or gas, punch lower than a level of crossing them with layer and exploit them before the termination of the gushing mode then wells *7* deepen below layer. To pass to the gravitational mode of operation well should beadditionally drilled by thechisel of bigger diameter of d2 at such length that well volume with a big diameter of d2 was more than a volume of a well diameter of d1 (fig. 2).



**Figure 2-Way of opening and operation of oil layers on the shelf and the land**



**Figure 3-Well hub A**

Thus, at the expense of gravitational force liquid (oil and reservoir water) will constantly follow from layer in a well with a diameter of d2. From a well diameter of d2 reservoir liquid is pumped out by the pump as a result the constant gravitational operating mode of layer will be provided, and on the bulk island there will be only one well through which oil and gas will be given. At this way of opening of layers and oil production well productivity increases, oil recovery of layers increases, destruction conditions at operation of wells 2, 6 and 7 since all of them pass not through hydrochloric layer are eliminated. Also construction of a large number of bulk islands, allocation of the huge squares at surfaces under drilling of wells isn't required, and also length of mining wells 7 is reduced, pollution of the surrounding and marine environment decreases. Besides safety of oil objects, including from attacks from air increases at the military conflicts.

This innovative way of opening and development of a field can be used not only on the fields which are again opened, but also operating and fulfilled earlier. Thus it is possible to use more effectively all existing methods of increase of oil recovery of layers.

Technical and technological and economic calculations of efficiency of oil production are given below in the offered way (on the example of fields Kyrykmyltyk and Kashagan).

In technical and technological calculation we consider the Kyrykmyltyk field a vertical and horizontal well under the horizon of MI – A where there is the most viscous oil in comparison with other horizons, a deposit depth the smallest and the well operating this layer, most a nizkodebitna concerning other wells.

Basic data on the horizon of MI - A:

- layer depth – *Н*=300 *m*;

- average permeability on layer – *к*= 1377,4 *mD* = 1377,4⋅10-15*m2*;

- density of oil in layer conditions – *ρoil* = 885,6 *kg/m3*;

- effectivepetrosaturated thickness of layer – *heffective* = 11,2 *m*;

- average formation pressure – *Рlayer* = 2,7 *MPa*;

- dynamic viscosity of oil- *µ* = 620 *mPa⋅sec*;

- oil-bearing capacity contour radius – *rк*= 1300 *м* (deposit circular, with2,7×2,5 km parameters );

- *rc* = 160⋅10-3*м*⋅е0,5 = 263⋅10-3*м*.

We choose the radius of a well equal– *rc*= 160⋅10-3*м*⋅е0,5= 263⋅10-3*м*(from practical and theoretical data). The construction of a vertical site of a well goes up to the depth of 400 m that is depths of the productive horizon interesting us are 100 m lower. Length of the horizontal site of a well passed from a trunk of a vertical well along layer is equal 1500 m, that is the construction goes to the middle of a deposit as we conduct calculations only for one skilled well located on the center of a deposit. At further development with increase in number of wells on a deposit length of a horizontal site of a well can be extended, up to length of all deposit.

In the calculations given below it is shown increase in an output of a well and respectively a coefficient of oil recovery of layer at the scheme of its opening stated above. As the well is located on the center of a deposit and thus there is a plainly radialfiltration of liquid, we have the right to use a basic formula of Dupuis for calculation of an output of a well. Originally it has an appearance:

, (1)

where*V* – liquid filtration speed,

*S* – area of cross section of a well.

Speed of the V filtration of liquid and the area of S can be presented as:

, (2)

. (3)

Therefore, substituting (2) and (3) in a formula (1) we receive a final formula of Dupuis:

(4)

For Dupuy's formula offered innovative technology assumes some other air. At usual operation of wells pressure in a well is equivalent to pressure on a face of a well and it to equally hydrostatic pressure of a column of liquid which creates counter-pressure on layer, .

The main idea of our innovative development is that we have no pressure of a hydrostatic column of liquid, i.e. Rc=0, isn't present counter-pressure on layer for the reason that oil under positive action of gravitation goes down, but not up as at usual operation.

Thus, we receive a modified formula of Dupuis for our technological conditions which can be presented as:

(5)

Owing to perforation of a well, we receive hydrodynamic - imperfect system on nature of opening. Therefore, in calculations we take the specified well radius. It is equal:

, (6)

where, *С*- some geometrical characteristic determined by the known nomogram of Shchurov.

Then the output for our well, according to a formula (5) will make:

(7)

Fromcalculationitisvisiblethattheoutputof a wellincreased by 14 timesincomparisonwiththecurrentoutputequalto 0,3 m3/d fromwells 90-M and 79 M.

We will carry out calculations for other horizons: MII - And, B, B and MIII – B + MIV - And, operated respectively wells 16 - M and 21 - M in case the offered scheme would be designed under these productive layers (tab. 1).

**Table 1 - Comparative table of outputs**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Productive horizons | Current oil recovery, m3/day | Estimated oil recovery, m3/day |
| МI - А | 0,3 | 4,285 |
| МII - А, Б, В | 5,5 | 37,129 |
| МIII – Б + МIV - А | 5,5 | 51,848 |

From table 1 we see that the greatest gain of an output in comparison with current occurred on the horizon of MI - And (I increased by 14 times) where there is the most viscous oil on all field therefore this innovative technology is highly effective for extraction high-viscosity, heavy oils.

We will calculate increase in coefficient of oil recovery in comparison with the current on one well in one year. We will take for calculation a well on the horizon of MI - A.

*К1= Q1 / Qgeol,*  (8)

where*К1*– the oil recovery coefficient (ORC) on present to the existing well - 90M,

*Q1*- amount of the extracted oil from one well with a present output of 0,25 t/day in one year and it is equal: Q1 = 0,25 *t/day*⋅ 365 days = 91,25 t;

*Qgeol* – geological stocks equal to 2210 thousand tons.

Then substituting in a formula (10) the corresponding values we receive K1 = 0,004. Similar to it we will define K2 for the technology offered by us with an output equal 3,795 *t/day*, *Q2*= 3,795 *t/day*× 365 days = 1385,175 t*.*

*К2= Q2 / Qgeol,*  (9)

Calculations at the specified parameters show that K2 = 0,062.

The relation of K2 and K1 shows us efficiency of increase of annual oil recovery, on the technological scheme offered by us and it is equal to K2/K1 = 0,062/0,004 = 15,5, i.e. the increase in the coefficient oil recovery (COR) occurs by 15,5 times for high-viscosity oil. Many oil industry workers are skeptical about similar technologies, referring to high cost of conducting of horizontal wells.

Therefore for determination of economic efficiency of the way of opening offered by us, calculations of capital expenditure for the usual and offered by us ways are given below.

Calculation and comparison of capital expenditure, and also consequences of the usual and offered by us way for field conditions Kashagan depth 5 000m showed that the innovative way offered by us has a clear advantage (tab. 2).

**Table 2- Comparative criteria of efficiency of ways of development**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Criterion | Name of a way of development | |
| Standardway (verticalwells) | Innovativeway  (horizontalandverticalwells) |
| Capitalinvestments, $ million | 13,048750 | 10,913812,5 |
| Possibilityofenvironmentalpollution | Very high (there is a contact water, hydrochloric layer well) | Low (there is no contact water, hydrochloric layer well) |
| Finaloilrecovery | 0,3-0,4 | 0,6-0,8 |
| Opportunity of damaging of the upsetting column because of tension in a salt dome | High (there is a contact hydrochloric layer - a well) | Low (there is no contact hydrochloric layer - a well) |

At depths of oil layers less than 5 000m the offered way will be even more effective.

**Conclusions.** Reorientation towards the development of offshore oil and gas fields is one of the most significant directions in the formation of today's oil and gas production industry in the world. In connection with the growing needs of mankind for energy and raw materials, significant depletion of mainland resources, the development of offshore oil and gas fields, which is one of the most unsafe types of human activity, is becoming an increasingly urgent task. Development of the Kashagan field in the harsh offshore environment of the Northern Caspian Sea presents a unique combination of technological and supply chain challenges. These challenges are coupled with operational safety, engineering, logistics and environmental issues, making this one of the largest and most complex industry projects in the world.

The Northern Caspian is a very sensitive ecological zone and habitat for a variety of flora and fauna, including some rare species. The innovative methods of field development under consideration ensure environmental safety and are relevant and promising both for offshore fields and fields located close to the shore in water areas and river deltas in harsh climatic conditions.

A method of field development by shaft-and-borehole method is proposed, which consists in carrying out vertical shafts on the bank of the reservoir, driving from them in the direction of the field transport, oil and gas and ventilation tunnels, construction of underground galleries above the deposits, drilling of wells for productive strata from them and oil and gas production with subsequent transportation through the underground tunnel system to the surface.

It is recommended to develop fields with application of horizontal wells from which the descending vertical wells are drilled for increase of oil recovery of layers and an exception of possibility of emission of oil in environment. The special design of the descending wells will allow to create artificially the gravitational mode that leads to repeated increase of outputs of wells and oil recovery of a field in general. Application of this wayis economically justified.

The way of opening and operation offered by us is protected by the innovative patent of Republic of Kazakhstan and can be introduced on oil fields, as in Kazakhstan, Russia, and abroad.

**References**

1. Dobycha na Kashagane v 2023 godu dostigla rekordnogo urovnya — okolo 18,8 mln tonn // neftegazovaya lenta. URL: https://nangs.org/news/upstream/dobycha-na-kashagane-v-2023-godu-dostigla-rekordnogo-urovnya-okolo-18-8-mln-tonn (data publikatsii 02.02.2024) [in Russian]

2 Pat. № 23704 Respublika Kazakhstan, MPK E21B 43/20(2006.01). Sposob razrabotki neftjanogo mestorozhdenija na shel'fe / Ahmedzhanov T.K. № 2008/1300.1; zayavl. 25.11.2008; opubl. 15.02.2011; Byul. №2. [in Rissian]

1. [George S. Rice](https://www.onepetro.org/search?q=dc_creator%3A%28%22Rice%2C+George+S.%22%29), [John A. Davis](https://www.onepetro.org/search?q=dc_creator%3A%28%22Davis%2C+John+A.%22%29). Mining petroleum in France and Germany // [Society of Petroleum Engineers](https://www.onepetro.org/search?q=dc_publisher%3A%28%22Society+of+Petroleum+Engineers%22%29). - G-25 (1925). –P. 278-314. [DOI 10.2118/925278-G](https://doi.org/10.2118/925278-G)

4. Surguchev M.L., Vakhitov G.G., Epik I.P., Mashin V.N., Gurov E.I., Tabakov V.P. RP6 Recovery of Hydrocarbons from Oil Sands and Oil Shales by Mining // Paper presented at the 11th World Petroleum Congress, London, UK, August 28. 1983. WPC-20237. - 1983.

5.Harding T.G., Farouq Ali S.M. Paper presented at the SPE California Regional Meeting, Long Beach, California, April 11. 1984.[DOI 10.2118/12787-MS](https://doi.org/%2010.2118/12787-MS)

6. Sandru L., Carpeniseanu D. and Ionescu I. Improvement of crude oil recovery by mining methods // 10th World Petroleum Congress, 9-14 September, Bucharest, Romania, 2019.  WPC-18248. - URL: <https://onepetro.org/WPCONGRESS/proceedings-abstract/WPC10/All-WPC10/WPC-18248/201390>.

7. Buryakovsky L.A., Hajiyev B.A. O podzemnom (shahtnom) ı podvodnom metode razrabotkı morskıh neftıanyh mestorojdenıı: monografııa. -Baku: Azerneshr, 2015. - 38с.  [in Russian]

8.  [Korepanova](https://www.onepetro.org/search?q=dc_creator%3A%28%22Korepanova%2C+V.%22%29) V, [Turkin](https://www.onepetro.org/search?q=dc_creator%3A%28%22Turkin%2C+S.%22%29) S., Ershova O. Enhancement of oil recovery during improved thermal-mining development of Yarega field // SPE Arctic and Extreme Environments Technical Conference and Exhibition, 15-17 October. - Moscow, Russia, 2013. - Р. 56-59. DOI 10.2118/168656-MS.

9. Na He, Xianggang Zhang Excavation and Construction Technology of Diversion Tunnel under Complex Geological Conditions // Applied Sciences. – 2023. –Vol. 13(20). DOI 10.3390/app132011538

10. Lyman T.J., Piper E.M. and Riddell A.W. Heavy oil mining technical and economic analysis. //Riddell, SPE California Regional Meeting, 11-13 April. - Long Beach, California. -1984. - Р. 66-68. [https://doi.org/10.2118/12788-ms](https://doi.org/10.2118/12788-MS)

11. Torbla I., Hubertz T., Garshol K. ”Oil mine” - subaqueous operation of oil and gas fields // ISRM-Rockstore-1980-098. -1980. -URL: https://onepetro.org/ISRMROCKSTORE/proceedings-abstract/ROCKSTORE80/All-ROCKSTORE80/ISRM-Rockstore-1980-098/43840

12. Pat. № 23192 Respublika Kazakhstan, MPK E02B 1/00(2009.01) Gid-ravlicheskaja konstrukcija/Patentoobladatel': Ahmedzhanov T.K. i dr. № 2009/0162.1 zayavl. 06.02.2009; opubl. 15.11.2010; Byul. №11. [in Rissian]

***Information about the authors***

Nuranbaeva B.M. - Ph.D. in Chemistry, Associate Professor, Program Leader Petroleum engineering, Mining and petroleum engineering, Institute Engineering, Caspian University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: bulbulmold@mail.ru.

***Сведения об авторах***

Нуранбаева Б.М. - канд.хим.наук, ассоциированный профессор, лидер программ образовательной программы «Нефтяная инженерия» и «Горное и нефтегазовое дело» Института Инженерии, Caspian University, г.Алматы, Казахста, e-mail: bulbulmold@mail.ru.

МРНТИ 52.13.17

**DEVELOPMENT AND SUBSTANTIATION OF ROCK UNLOADING DEVICE WITH THROUGH-PASSING OF TRUCKS**

**1S.K. Moldabayev🖂, 2A.A. Adamchuk, 1N.O. Sarybayev, 1A.S. Moldabayev, 1A.N. Nurmanova**

1Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

2Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine,

**🖂**Corresponding author: [s.moldabayev@satbayev.university](mailto:s.moldabayev@satbayev.university)

Different types of constructions of transshipment devices for combined schemes of automobile-conveyor transport are analyzed.A device of a new design was developed based on the identified shortcomings of known devices. The efficiency of the rock unloading device with through-passing trucks has been checked for the conditions of iron-ore mines in Kazakhstan.

New device works because of rock weight force, which rotates bridges, that cover bunker for truck to move above it. Rotating bridges makes it possible to move rock down to bunker. After that, bridges close because of counterweight, which is a fence at the same time.

The efficiency criteria of rock unloading device is volume reduction of mining capital works. Parameters were considered: width of the open-cast mine at the top and bottom, design depth of the mine, load capacity, turning radius and width of trucks, as well as the cost of extracting 1 m3 of rock.

The dependence of reducing the costs of conducting mining capital works in deep open-cast mines during the construction of a transshipment point of combined automobile-conveyor transport with a through passage when unloading trucks from their carrying capacity have been established.

**Keywords:** combined automobile-conveyor transport, through-passing trucks, rock unloading device, mining capital works.

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ УСТРОЙСТВА РАЗГРУЗКИ СКАЛЬНОЙ ПОРОДЫ АВТОСАМОСВАЛАМИ СО СКВОЗНЫМ ПРОЕЗДОМ**

**1С.K. Молдабаев🖂, 2A.A. Aдамчук, 1Н.О. Сарыбаев, 1A.С. Молдабаев, 1A.Н. Нурманова**

1Сатпаев Университет, Алматы, Казахстан,

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

e-mail: [s.moldabayev@satbayev.university](mailto:s.moldabayev@satbayev.university)

Проанализированы различные типы конструкций перегрузочных устройств для комбинированных схем автомобильно-конвейерного транспорта. Устройство новой конструкции разработано с учетом выявленных недостатков известных устройств. Работоспособность устройства разгрузки скальной породы автосамосвалами со сквозным проездом проверена в условиях железорудных карьеров Казахстана.

Новое устройство работает за счет силы веса горной породы, которая вращает мосты, закрывающие бункер, над которым может передвигаться грузовик. Вращающиеся мосты позволяют перемещать камни в бункер. После этого мосты закрываются из-за противовеса, который одновременно является ограждением.

Критерием эффективности устройства для разгрузки породы является сокращение объемов горно-капитальных работ. Учитывались параметры: ширина карьера поверху и понизу, проектная глубина котлована, грузоподъемность, радиус поворота и ширина самосвалов, а также стоимость добычи 1 м3 горной массы.

Установлена зависимость снижения затрат на проведение горно-капитальных работ на глубоких карьерах при строительстве перегрузочного пункта комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта со сквозным проездом при разгрузке самосвалов от их грузоподъемности.

**Ключевые слова:** комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт, сквозной проезд автосамосвалов, устройство для разгрузки породы, горно-капитальные работы*.*

**ТОҚТАУСЫЗ ӨТЕТІН САМОСВАЛДАРМЕН ТАУ ЖЫНЫСТАРЫН ТҮСІРУГЕ АРНАЛҒАН ҚҰРЫЛҒЫНЫ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ НЕГІЗДЕУ**

**1С.K. Молдабаев🖂, 2A.A. Aдамчук, 1Н.О. Сарыбаев, 1A.С. Молдабаев, 1A.Н. Нурманова**

1Сәтпаев Университеті, Алматы, Қазақстан,

2Ұлттық техникалық университет «Днепр политехникалық», Днепр, Украина,

e-mail: [s.moldabayev@satbayev.university](mailto:s.moldabayev@satbayev.university)

Автомобиль-конвейер көлігінің құрама сұлбалары үшін қайта тиеу құрылғыларының конструкцияларының әртүрлі типтері талданды. Құрылғының жаңа дизайны белгілі құрылғылардың анықталған кемшіліктерін ескере отырып әзірленді. Қазақстандағы темір кені карьерлері жағдайында тоқтаусыз өтуі бар самосвалдармен тау жыныстарын түсіруге арналған құрылғының өнімділігі сыналды.

Жаңа құрылғы жүк көлігі қозғала алатын бункерді жабатын көпірлерді айналдыратын тау жынысының салмағының күші арқылы жұмыс істейді. Айналмалы көпірлер тастарды бункерге жылжытуға мүмкіндік береді. Осыдан кейін көпірлер қарсы салмаққа байланысты жабылады, бұл қоршау да болып табылады.

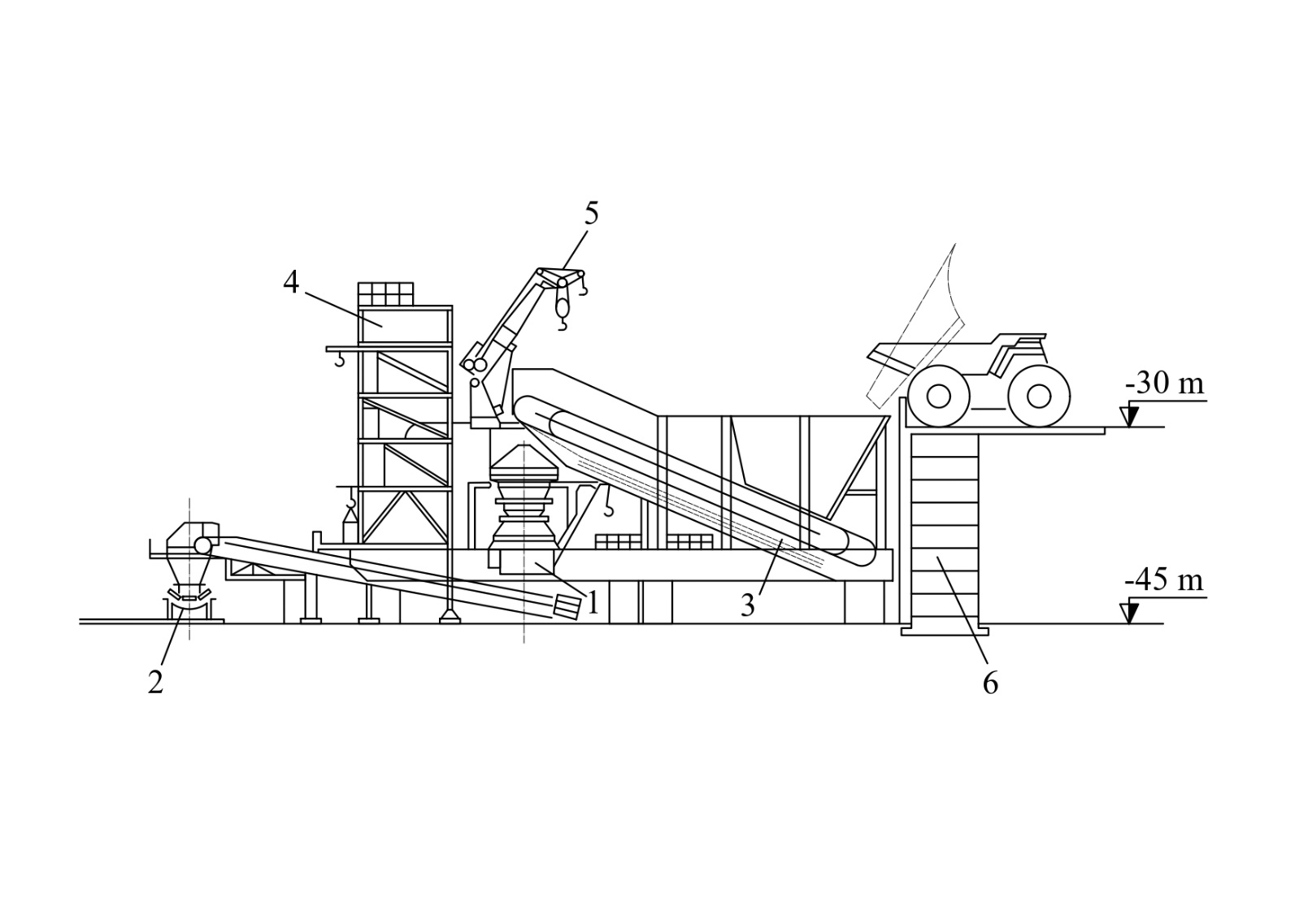
Тау жыныстарын түсіруге арналған құрылғының тиімділігінің критерийі тау-кен және құрылыс жұмыстарының көлемін азайту болып табылады. Сол үшін келесі параметрлер ескерілді: карьердің үстіңгі және төменгі жағындағы ені, карьердің жобалық тереңдігі, жүк көтергіштігі, бұрылу радиусы және самосвалдардың ені, сонымен қатар, тау-кен жұмыстарының құны 1 м3 тау-жынысы массасынан.

Автосамосвалдардан жыныстарды түсіру кезінде тоқтаусыз өтуі бар құрама автомобиль-конвейерлік көлікті ауыстырып тиеу пунктін салу кезінде терең карьерлерде тау-кен және құрылыс жұмыстарын жүргізуге кететін шығындарды азайтудың олардың жүк көтергіштігіне тәуелділігі белгіленді.

**Түйін сөздер:** құрама автомобиль-конвейерлік көлік, автосамосвалдардың тоқтаусыз өтуі, тау жыныстарын түсіруге арналған құрылғы, тау-кен және құрылыс жұмыстары.

**Introduction.** In the conditions of iron ore open-cast mines, automobile-conveyor combined transport has become widespread, the essence of the schemes of which is that the rock is transported by truck from the pit to the concentration horizon, on which a bunker-transloader with a coarse crushing crusher is installed (Fig. 1) [1]. The truck unloads the rock into the bunker, which, after crushing, falls on an inclined conveyor installed in an underground gallery, which is then transported to the surface.

Trucks are unloaded into the bunker as follows. When approaching the bunker, the truck reduces its speed and begins to perform dead-end maneuvering operations. Next, the truck reverses to the opening of the receiving bunker, stops and starts unloading. After unloading, the truck returns to the track and drives to be uploaded.



**Figure 1 – Crushing and transshipment station with dead-end unloading of trucks into a bunker:***1 – crusher; 2 – steep belt conveyor; 3 – plate feeder; 4 – control panel; 5 – lifting crane; 6 – retaining wall [1]*

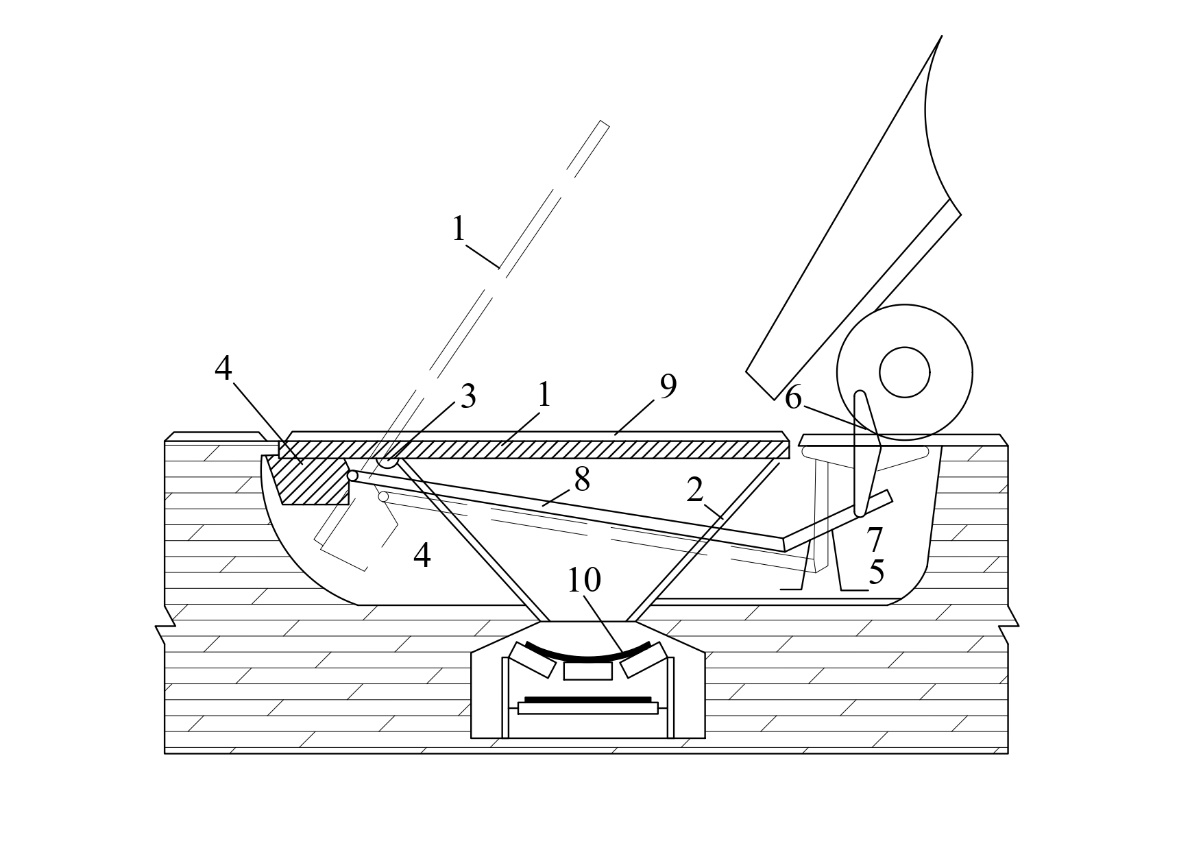
To arrange a stationary transshipment point (STP), it is necessary to have a side of the mine, placed in the final position. The STP can be equipped with crushing and screening equipment and a bunker-accumulator. If there is no bunker-accumulator, a warehouse of rock should be placed near the STP with its overloading by an excavator or a wheel loader.

Trucks can be unloaded into the bunker both with a dead-end turn and through passing. Congestion can be predicted both on the lower horizon of the conveyor installation and on several concentration horizons. With dead-end unloading, the crusher, screen and bunker-accumulator can be located in the body of the ledge. Otherwise, it is necessary to provide for the presence of a plate feeder for feeding the rock to the crusher or overpasses for unloading trucks.

The purpose of research is to develop a new construction of rock unloading device with through-passing of trucks and to substantiate its effectiveness. The main tasks to achieve this purpose are: to analyze known reloading devices with a search for their shortcomings; develop a new design of device taking into account the identified shortcomings in known solutions; contrast it with known designs of transfer points and identify their shortcomings; select the criterion for the device effectiveness; substantiate the effectiveness of the device

**Materials and methods.** Despite the obvious advantages of unloading trucks with through passage, some constructive solutions have several significant disadvantages. A well-known device for unloading trucks into a bunker (Fig. 2), which contains a rotary bridge connected to the bunker by a hinge, a rigidly fixed counterweight on the rotary bridge, supports, pedals for interaction with the wheels of the unloaded truck, levers that actuate the rotary bridge, guides for the wheels of a truck and a conveyor [2].

The disadvantage of this device is the limited number of trucks that can simultaneously unload into the storage bunker, which reduces the productivity of the conveyor installation. In addition, opening the bridge takes approximately 10–15 seconds of the truck's operating time in intensive mode due to pressing the bridge opening lever. However, the biggest disadvantage is that there is a significant possibility of the truck coming off the lever after pressing it and closing the bunker cover. Re-entry of the truck in reverse for unloading is impossible due to the presence of the lever. Thus, when using this device, it is necessary to provide sufficiently wide platforms for the possibility of turning around trucks. Installation of a drive for lifting the bridge will increase the reliability of the device, but will require additional energy [3–6].



**Figure 2 – Device for unloading trucks into a bunker with hinged and lever bridge lifting:**

*1–lifting bridge; 2 – bunker; 3 ‒ hinge; 4 ‒ counterweight; 5 ‒ supports; 6 – pedals; 7,8–levers;   
9 ‒ guides; 10 – conveyor [4]*

One of the well-known solutions is the use of a cross-moving bridge in the design of the transshipment device (Fig. 3). Its essence is that after passing over the bunker, the truck stops for unloading behind the bridge. After that, the bridge on rails or rollers moves away in the direction perpendicular to the axis of movement of the truck, then the truck unloads the rock, after which the bridge is closed [7–9].

This design is much simpler than the previous one, however, an autonomous drive must be used to move the bridge, and the lid opening time is approximately 20–30 seconds. In addition, for the construction of a bunker of this design, an additional width of the platform for movement of the bridge must be provided.

Зображення, що містить ескіз, схема, Креслення, малюнок

Автоматично згенерований опис

**Figure 3 – Device for unloading trucks into a bunker with a cross-moving bridge:**

*1 – rails; 2‒direction of movement of the cross-moving part of the bridge; 3 ‒ the middle cross-moving part of the bridge [9]*

There are also known transshipment points that include a rotating platform [10]. The principle of operation of such devices is as follows. A truck loaded with rock drives onto the rotary platform, after which it begins to turn around the vertical axis together with the truck so that the latter becomes at a right angle to the axis of movement for unloading into the bunker. After unloading the rock, the rotary platform returns the truck to its original position, which continues moving in the original direction.

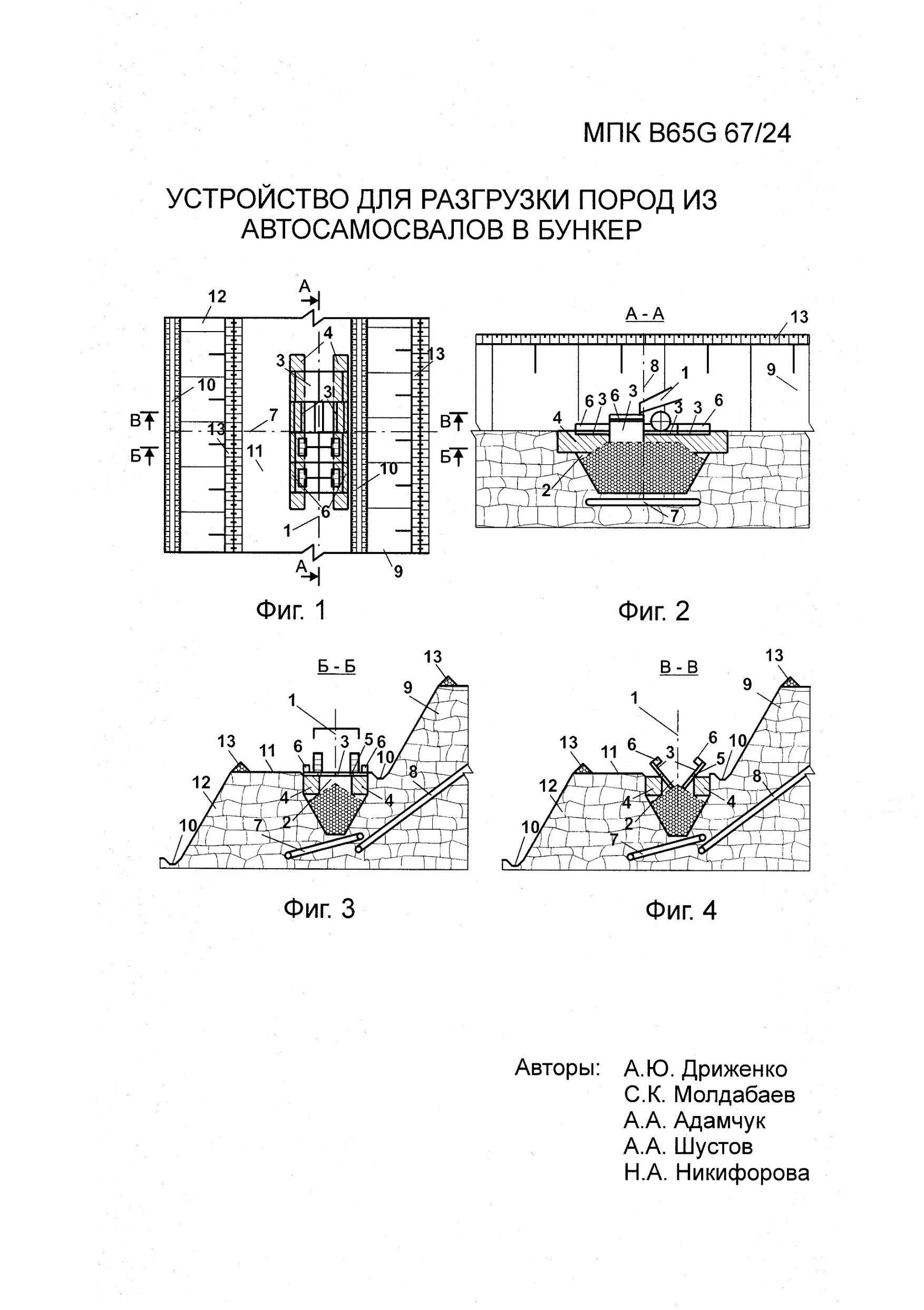
The solution with a rotating platform allows you to significantly reduce the width of the platform in comparison with a transshipment point with dead-end unloading due to the reduction of the turning radius of the truck. However, the total turning time of the platform is over 60 seconds when the truck engine is idling, and the platform has a separate drive that uses additional energy to operate.

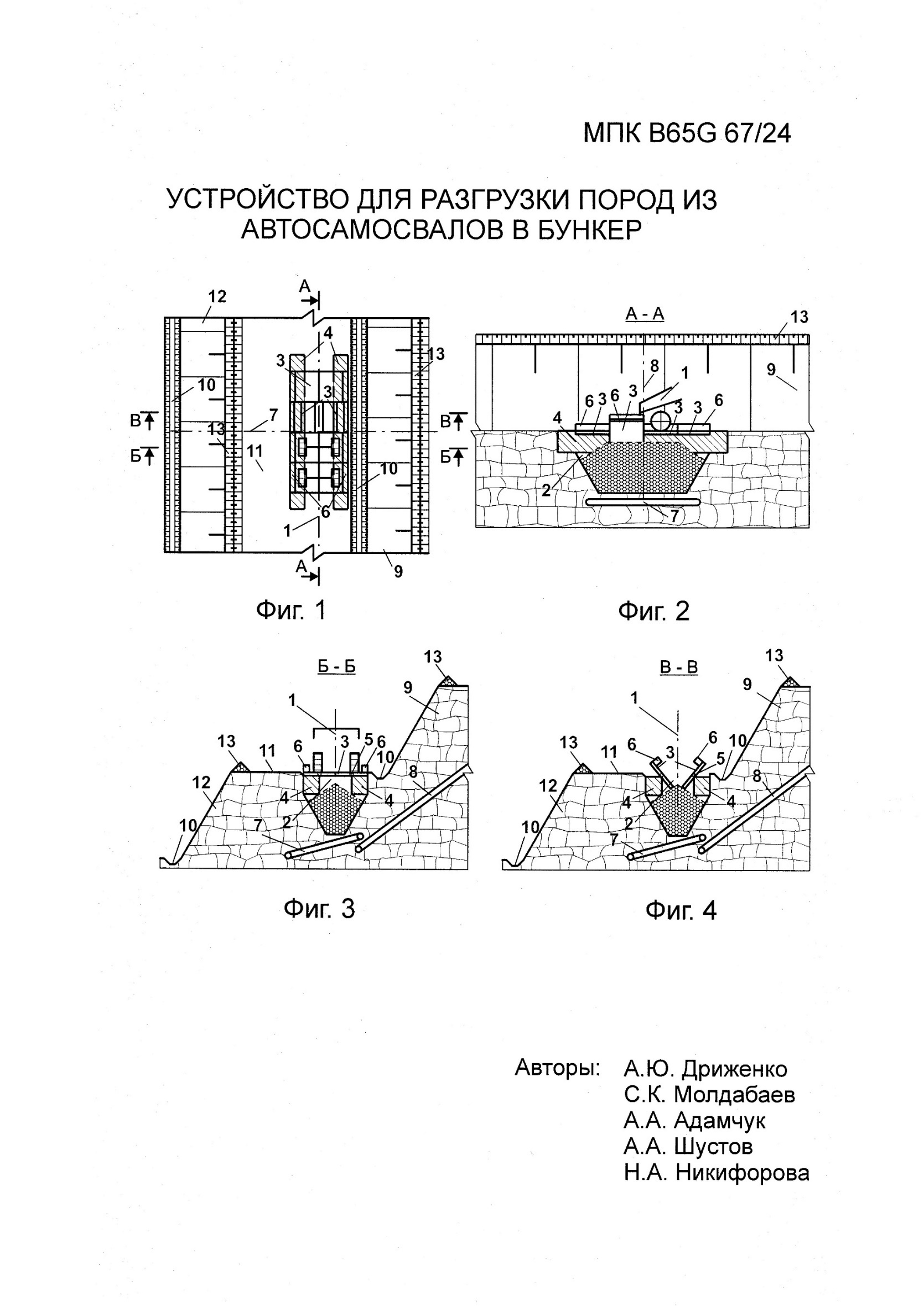
A number of designs of transshipment points with drive beams are known [11, 12]. Their work consists in the fact that the loaded truck drives over the bunker on the turning beams, unloads on them, after which the beams rotate, due to which the rock from the surface of the beams enters the bunker.

Among all the considered solutions, the last one has the shortest unloading cycle time and the smallest platform width. However, the beam drive requires additional energy expenditure for their rotation. Also, the beams with which the truck moves must be of such a design that it can withstand the weight of the vehicle, the impact of the unloading rock, and at the same time correctly turn and return to the starting position. In addition, there is a danger of failure of the stoppers, which can cause the truck to go off the track.

In connection with the noted shortcomings of the known solutions for unloading rocks into a bunker with through-passage of trucks, in Dnipro University of Technology in cooperation with Satbayev University and JSC "Sokolovsk-Sarbaisky mining and processing industrial association" (JSC "SSMPIA") was proposed a fundamentally new solution (Fig. 4), which differs in that after passing the truck, the rock is unloaded onto swing bridges, which are connected hinges with beams located perpendicularly, which move motor vehicles, while the counterweights serve as a barrier fence, located on both sides of the beams from the outer side of the passage and ensure the straight-line movement of trucks of the corresponding load capacity [13, 14].

To the reception point with the storage bunker 2, the truck 1 loaded with rock, along the reinforced concrete beams 4, enters for unloading between the barrier fences-counterweights 6 on the swing bridge 3 and stops with the possibility of unloading on the nearest swing bridge 3, which is located behind the truck 1. After unloading the rock under the influence of its weight rotates the rotary bridges 3 in the horizontal plane around the hinges of rotation 5 with the resolution in the open position, and the rock falls into the storage bunker 2. Next, barrier fences-counterweights 6 under the influence of their weight return to their initial position and close the swing bridges 3, after which the cycle of unloading trucks 1 to the storage bunker 2 is repeated.





**Figure 4 – A device for unloading rocks into a bunker with through-passage of trucks [14]**

After the rock reaches the bunker, it is moved through the transfer conveyor 7 to the main conveyor 8 or the skip elevator, which transports the rock to the surface.

To prevent groundwater from entering the storage bunker 2, a drainage ditch 10 is constructed in the sole of the upper bench 9. To prevent trucks 1 and other moving equipment from falling from the platform for passing auxiliary equipment 11 to the lower bench 12, a safety rock embankment 13 is erected on its upper edge.

The patent examiner opposed the device [15], when the truck is unloaded on the semi-chutes of the receiving pit, which lie on a concrete track with a flange and are fixed to it with the possibility of turning around the longitudinal axes. After unloading, the truck leaves the tracks and presses the wheels on the pedal, which activates a lever mechanism that rotates the semi-chutes, due to which the track is cleaned.

It should be noted that lever systems cannot fully ensure the reliability and safety of the reloading device in the conditions of uneven cargo flows in open-pit mining operations. Large pieces of rock can damage the elements of the half-chutes rotation mechanism. The significant weight of heavy trucks inevitably leads to damage to the mechanism and cannot ensure a continuous process of unloading rocks into the bunker. In contrast to the opposite device, the rotation mechanism of the declared one is blocked by unloading bridges, is easy to install and operate, and the track cleaning process occurs independently of the action of the truck, due to the action of the weight of the rock.

In addition, when unloading the rock through the opposed device, the truck makes two stops: when unloading the rock and during track cleaning. This leads to an increase in the unloading cycle time and, as a result, a decrease in the throughput of the transshipment point. When unloading through the declared device, the truck makes only one stop to unload the rock.

The design of half-chutes in the opposite device has a complex profile, which increases their cost and complicates the process of their installation and operation. The claimed device provides another implementation as unloading bridges as metal plates with counterweights attached from the outside. Such a design can withstand dynamic loads from the impact of large pieces of rock and ensure a continuous process of unloading trucks regardless of the volume and composition of the load, and the rigid fastening of the barrier fence allows, in addition to the safety of the movement of trucks along the bridge, to turn the bridges due to their weight in starting position.

The construction of another opposing device [16] is as follows. The hinged-lever unloading system is attached to the framework of the overlapping track and consists of shields pivoting relative to the hinges, which are hingedly connected through levers and rods to the shield channels, which cover the tracks and are hinged to them from the inside. A fence consisting of channels and a wooden crossbar is installed along each track from the outside.

The opposite device works as follows. A truck loaded with rock drives along the track, stops, lifts the body and unloads. Under the influence of the weight of the cargo, the shields turn in the vertical plane, passing it into the bunker. After that, the overlapping shields return to their original position under the influence of the weight of the hinge-lever system elements.

The rotation of the unloading shields in the opposite device is brought about, as in the claimed invention, because of the weight of the cargo. However, the design of the claimed device differs in that it has rigidly fixed from the outer ends of the unloading bridges of counterweights, which are at the same time a barrier fence, and also in that the rotation of the plates is performed due to the fact that the bridges are movably fixed through the axis of rotation to the supports with sides of the receiving hole. Unlike the shields, which are attached to the tracks (beams) through hinges on their lower side, the unloading bridges in the claimed invention are made in the form of plates, which are hinged to the upper part of the support beam. Due to this design feature, another system with unloading bridges can absorb more dynamically uneven loads, including from impacts of large pieces of rock in the continuous process of overloading the rock.

In addition, the proposed design ensures the minimum width of the transshipment point. In the opposite device, the rotation of the shields occurs due to the action of the hinge-lever mechanism, due to the parameters of which the width of the transshipment point will increase.

Thus, due to the formation of a new system of connections of known elements, namely bearing supports, on which the unloading bridges movably fixed through the axis of rotation rest and the counterweights rigidly attached to them at the opposite ends, which also serve as barrier fences, a non-obvious result is achieved, which consists in the ability to control continuous processes of unloading rock into the bunker, regardless of their volume and composition due to the simplicity of the design and operation of the device elements, as well as ensuring the minimum spatial parameters of the transshipment point and the minimum time of the unloading cycle.

**Results and discussion.** The most important criteria of constructing the transshipment points on open-cast mine deep horizon is minimum amount of mining capital works, the least overburden rock extraction. Other criteria, such as cost-effectiveness and environmental friendliness of transport scheme, are important, but they correlate with above-mention criteria, part of witch in overall positive effect is about 92 % [17]. The correlation lies in the direct relationship between the volume of capital mining work with the cost of extracting minerals and the amount of disturbed land. That is why substantiating rock unloading device, taking into account the criteria of mining capital works is sufficient.

The construction of new transshipment points, due to their significant dimensions in plan, is connected with additional spacing of the sides of the pit. This issue becomes especially acute in the conditions of mines with a depth of more than 300–400 m. Thus, the minimum width of the ledge platform on which the transshipment point is located is:

*B1 = p* + *b* + 2*у*+ 2*а* + 3*R* + *х* + *с*, m, (1)

where: *p* ‒ width of the prism of possible landslide, m (3–5 m);

*b* ‒ width of the safety embankment, m (1.5–3 m);

*y* ‒ road shoulder width (1–1.5 m), m;

*a* ‒ width of the truck, m (3.8–9.7 m);

*R* ‒ turning radius of the truck, m (8.7–19.8 m);

*x* ‒ safe distance between bodies of oncoming trucks, m (2–3 m);

*c* ‒ safe distance between the bunker and the lower edge of the ledge, m (5 m).

Thus, the width of the ledge platform during a dead-end turn for the unloading of trucks is 47.2–97.8 m. However, when the trucks pass through the bunker, the width of the ledge platform will be significantly reduced and will be 24–48.5 m. Its value is calculated according to the formula:

*B2 = p* + *b* + 2*у*+ *а* + *Rп* + *с*, м. (2)

When constructing a transshipment point with through-passage of trucks above the bunker, the volume of rocks that cannot be removed should be determined by the formula [18]:

, м3, (3)

where: *Н* – the height of the side of the mine, m;

*l*, *L* – the width of the side of the mine at the bottom and top, m;

*α1*, *α2* ‒ angles of slopes of the side of the pit when unloading trucks with a dead-end turn and through passage over the bunker, respectively, degree.

, (4)

where ‒ side slope projection, m.

By substituting the expressions (4) into the formula (3), we get:

. (5)

Let's consider the formulas (1) and (2):

. (6)

Thus, by constructing a transshipment point with through-passage of trucks above the bunker at a depth of 300 m, it is possible to reduce the volume of rock extraction by 2.7–5.7 million m3, at a depth of 400 m by 3.5–7.5 million m3. It is known that extraction of 1 m3 of rock costs approx 4 USD [19]. Then, from the point of view of extracting rocks, the savings from the implementation of the proposed solution will amount to 10–30 million USD [20].

To justify the effectiveness of the proposed design, the economic effect was calculated for the conditions of several iron ore open-cast mines in Kazakhstan (Table 1). During the calculations, the following parameters were taken into account: width of the pit at the top and bottom, design depth of the pit, load capacity, turning radius and width of trucks, as well as the cost of extracting 1 m3 of rock. Since the load capacity, turning radius and width of trucks are related to a specific truck model, it is proposed to take the load capacity as a variable, as a characteristic technological parameter of a separate truck model.

Figure 5 shows the graphs of the dependence of the total cost savings on the development of rock for the construction of a transshipment point with a through passage in comparison with the dead-end unloading of trucks on their carrying capacity on the example of mines in Kazakhstan.

**Table 1 – Parameters of surface mining of iron ores in Kazakhstan**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Parameter name | Kacharsky mine | Sarbaysky mine | South Sarbai mine | Sokolovsky mine | Kurzhunkul mine |
| Mark of the mine bottom, m | -570 | -480 | -340 | -380 | -215 |
| Mine depth *Нd****,*** m | 764 | 680 | 530 | 570 | 405 |
| Geological reserves of ore *Vm.g*, mln t | 803,4 | 87,6 | 146,4 | 66,7 | 73,0 |
| Iron content in ore:  in deposit, %  at factory, % | 39,13  38,18 | 38,96  35,5 | 42,12  37,69 | 34,8  28,06 | 44,52  35,96 |
| Exploitable ore reserves *Vm,* mln t | 824,1 | 91,7 | 164,8 | 69,4 | 95,4 |
| The volume of overburden in mine (incl. rocks) *Vr*, mln m3 | 956,3  (574,1) | 74,3  (62,5) | 504,7  (208,8) | 34,8  (34,8) | 113,1 |
| Average stripping ratio *ka,* m3/t | 1,16 | 0,81 | 3,45 | 0,5 | 1,19 |
| Sizes of the mine on the surface:  – width *В,* m;  – length *L,* m | 2900  3000 | 2500  3600 | 1900  3300 | 2000  3400 | 1500  1500 |
| Sizes of the mine on the bottom:  – width *bd,* m;  – length *ld*, m | 175  430 | 80  1000 | 100  175 | 70  200 | 150  200 |

5

4

3

2

1

**Figure 5 – Graphs of the dependence of the total cost savings on the extraction of overburden rocks on the loading capacity of trucks when constructing a transshipment point with a through passage compared to the dead-end unloading of trucks on the example of mines in Kazakhstan:***1 ‒ Kacharsky mine; 2 ‒ Sarbaysky mine; 3 ‒ Sokolovsky mine; 4 ‒ South Sarbai mine;   
5 ‒ Kurzhunkul mine*

Graphs represent increasing polynomial functions that exist only in the first coordinate quarter. The graphs do not cross the abscissa and ordinate axes, and the function does not exist in the second and third coordinate quarters, since the carrying capacity of trucks is a positive value. The function does not exist in the fourth coordinate quarter, as the proposed design has smaller spatial parameters and a smaller volume of mining capital works.

The resulting dependencies allow us to assert the effectiveness of using a transshipment point with a through passage for heavy-duty trucks at significant depths in compressed conditions due to the reduction of the volume of mining capital works.

**Conclusions.** The use of a new design of the transshipment point with the possibility of through-passage of trucks when unloading them into the receiving bunker of the conveyor elevator is substantiated, which allows to reduce the costs of mining and capital works.

The obtained dependences of the reduction of costs for mining and capital works for deep open-cast mines of Kazakhstan during the construction of a transshipment point of the combined automobile-conveyor transport of the proposed design on the load capacity of trucks, which allow us to assert the effectiveness of the use of a transshipment point with through-passing of heavy trucks during their unloading at the expense of reduction of the volume of mining and capital works.

Currently, the degree of readiness of the developed device is a working drawing.

***Financing:*** *The article was prepared under the Grant funding project of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan No. AR14869083.*

**References**

1. Dryzhenko A. Y. Vidkryti hirnychi roboty: pidruchnyk // Natsionalnyi hirnychyi universytet.

-2014. – 590 s. [in Ukraine]

2. Pat. 880931 Ustroistvo dlya razgruzki avtosamosvalov v bunker/ Pavlov A.Y., Rogach M.S., Klubnichkin Y.K., Ivanova Y.Y., Propletin A.P. -№ 2879141/27-11; zayavl. 30.01.80; opubl. 15.11.81, Byul. № 42. [in Russian]

3. Pat. 713801 Ustroistvo dlya razgruzki avtosamosvalov nad bunkerom / Markov N. G., Smetanin V. G., Istomin L. V., Dereshevatii O. Y. -№ 2572759/27-11; zayavl. 10.01.78; opubl. 05.02.80, Byul. № 5. [in Russian]

4. Pat. 135021, Ustroistvo dlya razgruzki samosvalov v bunker / Paskhin B. M., Markozyan P. D. -№653221/27; zayavl. 04.02.1960; opubl. 1961, Byul. № 1. [in Russian]

5. Pat. 988726, Ustroistvo dlya razgruzki avtosamosvalov v bunker / Anikin N.N., Kuprii V.T., Chaikovskii A.I. -№3329001/27-11; zayavl. 10.08.81; opubl. 15.01.83, Byul. № 2 . [in Russian]

6. Pat. 718346 Ustroistvo dlya razgruzki avtosamosvalov v bunker / Tartakovskii B.N., Krimskii V.I., Andryushchenko A.V., Lashko V.T., Anikin N.N. zayavl. 31.07.78; opubl. 28.02.80, Byul. № 8. [in Russian]

7. Pat. 132123 Ustroistvo dlya razgruzki samosvalov v bunker / Paskhin B.M., Popov A.N. -648928/27; zayavl. 29.12.1959; opubl. 1960, Byul. № 18. [in Russian]

8. Pat. 933589 Ustroistvo dlya razgruzki avtosamosvalov v bunker / Anikin N. N., Chaikovskii A. I., Parshkin E. M. -№3008935/27-11; zayavl. 26.11.80; opubl. 10.06.82, Byul. № 21. . [in Russian]

9. Pat. 1090649 Ustroistvo dlya razgruzki samosvalov / Drizhenko A.Yu., Shmitko A.I., Simonenko V.I., Kritov A.Y., Birin I.S.; zayavitel' Gosudarstvennyi institut «Yuzhgiproruda». -№3541875/27-11; zayavl. 12.01.83; opubl. 07.05.84, Byul. №17. [in Russian]

10. Pat. No. 1057393 Ustroistvo dlya razgruzki avtosamosvalov / Makashov V.N., Korbinskii G.M., Drizhenko A.Y., Grinberg E.M. -№3496130/27-11; zayavl. 27.09.82; opubl. 30.11.83, Byul. № 5.

11. Pat. 606796 Most dlya nadbunkernoi razgruzki avtosamosvalov / Menshikov B.A., Sisin A.G. -№2363682/22-11; zayavl. 24.05.76; opubl. 15.05.78, Byul. №18. [in Russian]

12. Pat. 800077, Ustroistvo dlya nadbunkernoi razgruzki avtosamosvalov / Budanov V.Y., Koryakin A.I., Lokhanov B.N. -№2777889/27-11; zayavl. 27.04.79; opubl. 30.01.81, Byul. № 4. [in Russian]

13. Pat. 34570 Ustroistvo dlya peregruzki skalnikh porod s avtotransporta na konveiernii podemnik / Moldabayev S.K., Kuzmenko S.V., Kalyuzhnii Y.S., Drizhenko A.Y., Adamchuk A.A. -№ 2019/0143.1; zayavl. 21.02.2019; opubl. 11.09.2020. [in Russian]

14. Pat. 119491 Prystrii dlia rozvantazhennia porid iz avtosamoskydiv u bunker / Dryzhenko A.Y., Adamchuk A.A., Shustov O.O., Moldabaiev S.K., Nikiforova N.A. 2019. [in Russian]

15. Pat. 120157 Priemnoe ustroistvo dlya uglya i drugikh sipuchikh i kuskovikh materialov / Shvernik A. M., Shlikhter L.V., Tunkel N.R. -№603176/27; zayavl. 30.06.1958; opubl. 05.02.80, Byul. № 10. [in Russian]

16. Pat. 147533, Most dlya razgruzki sipuchikh materialov v bunkeri i rudospuski / Anistratov Y.I., Rzhevskii V.V., Karetnikov V.N., Lyapin L.A. -№732907/27; zayavl. 01.06.1961; opubl. 1962, Byul. № 10. [in Russian]

17. Adamchuk A. A., Shustov O. O. Systemnyi pidkhid do vyboru novykh zasobiv transportu dlia roboty na hlybokykh kar’ierakh // Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. -2018. -№54. -S. 8-18. –URL: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/152728> [in Ukraine]

18. Adamchuk A. A. Issledovanie parametrov dorabotki glubokikh karerov otkritim sposobom. //Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (Collection of Scientific Papers of The National Technical University). -2017. - № 50. - S. 10–17. [in Ukraine]

19. Babets Y. K., Melnykova I. Y., Hrebeniuk S. Y., Lobov S. P. Doslidzhennia tekhniko-ekonomichnykh pokaznykiv hirnychodobuvnykh pidpryiemstv Ukrainy ta efektyvnosti yikh roboty v umovakh zminnoi kon’iunktury svitovoho rynku zalizorudnoi syrovyny: monograph / vyd. R.A. Kozlov //Study of technical and economic indicators of mining enterprises of Ukraine and their efficiency in the conditions of changing the global market of iron ore raw materials): monohrafiia. -2015. -391 s. [in Ukraine]

20. Adamchuk A. A. Obgruntuvannia skhemy avtomobilno-konveiernoho transportu iz naskriznym proizdom avtosamoskydiv pry rozvantazhenni. (Justification of the auto-conveyor transport scheme with truck through passing while unloading) // Fiziko-Tekhnicheskie Problemi Gornogo Proizvodstva: Sb. Nauchn. Tr. (Physical-technical problems of mining: Collection of scientific works) – 2021.- № 23.- S.200-215. DOI [10.37101/ftpgp23.01.013](https://doi.org/10.37101/ftpgp23.01.013) [in Ukraine]

***Information about authors***

Moldabayev S.- Doctor of Technical sciences, Professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: s.moldabayev@satbayev.university;

Adamchuk A. – Candidate of Engineering Sciences, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [Adamchuk.A.A@nmu.one](mailto:Adamchuk.A.A@nmu.one);

Sarybayev N. – PhD, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [n.sarybayev@satbayev.university](mailto:n.sarybayev@satbayev.university);

Moldabayev A.- Master’s degree student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [asangiz.moldabaev@stud.satbayev.university](mailto:asangiz.moldabaev@stud.satbayev.university);

Nurmanova A. – PhD student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.nurmanova@satbayev.university

***Сведения об авторах***

Молдабаев С. – доктор технических наук, профессор, Сатпаев университет, Алматы, Казахстан, e-mail: [s.moldabayev@satbayev.university](mailto:s.moldabayev@satbayev.university);

Адамчук А. – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Днепровская политехника», Днепр, Украина, e-mail: [Adamchuk.A.A@nmu.one](mailto:Adamchuk.A.A@nmu.one);

Сарыбаев Н. – PhD, Сатпаев университет, e-mail: [n.sarybayev@satbayev.university](mailto:n.sarybayev@satbayev.university);

Молдабаев А.-студент магистратуры, Сатпаев университет, Алматы, Казахстан, e-mail: [asangiz.moldabaev@stud.satbayev.university](mailto:asangiz.moldabaev@stud.satbayev.university);

Нурманова А.- студент PhD, Сатпаев университет, Алматы, Казахстан, e-mail: a.nurmanova@satbayev.university/