

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тульский государственный университет»

**16+**  
**ISSN 2218-5194**

**ИЗВЕСТИЯ  
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

**Выпуск 4**

Тула  
Издательство ТулГУ  
2016

УДК 55  
ББК 26  
НЗ4

ISSN 2218-5194

НЗ4 Известия Тульского государственного университета. **Науки о Земле.**  
Вып. 4. Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. 253 с.

В сборнике опубликованы работы по экологии, промышленной безопасности, геомеханике, разрушению горных пород, рудничной аэродинамике, горной теплофизике, геотехнологии (подземной, открытой и строительной), горным машинам, экономике и организации горного производства. В целом, исследования посвящены решению проблем комплексного освоения недр при добыче и переработке твердых полезных ископаемых, освоения подземного пространства мегаполисов и устойчивого развития горнодобывающих регионов.

Материалы предназначены для научных работников, преподавателей вузов, инженерно-технических работников, аспирантов и студентов, специализирующихся в области наук о Земле.

*Редакционный совет*

**М.В. ГРЯЗЕВ** – председатель, **В.Д. КУХАРЬ** – зам. председателя, **В.В.ПРЕЙС** – главный редактор, **А.А. МАЛИКОВ** – отв. секретарь, **И.А.БАТАНИНА**, **О.И. БОРИСКИН**, **О.Н. ПОНАМОРЕВА**, **Н.М. КАЧУРИН**, **М.А. БЕРЕСТНЕВ**, **В.Н. ЕГОРОВ**, **В.М. ПЕТРОВИЧЕВ**

*Редакционная коллегия*

Н.М. Качурин (отв. редактор), В.И. Сарычев (зам. отв. редактора), В.И. Голик, В.И. Ефимов, А.Б. Жабин, Кавала Рудольф, О.И. Казанин, В.И. Комашенко, Г.И. Коршунов, В.В. Мельник, В.С. Моркун, О.С. Савищева, В.П. Сафронов, Г.В. Стась (отв. секретарь)

**Подписной индекс 41408**  
**по Объединенному каталогу «Пресса России»**

Сборник зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций по Тульской области, рег. ПИ № ТУ71-00341 от 25 ноября 2013 г.

«Известия ТулГУ» входят в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук.

© Авторы научных статей, 2016  
© Издательство ТулГУ, 2016

## **ЭКОЛОГИЯ**

УДК 628.166:628.315.1

### **ФИЛЬТР-ДЕЗИНФЕКТАНТ. НАЗНАЧЕНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЕГО ДЕЙСТВИЯ**

М.Г. Бурдова, В.В. Левковская

*Объединение процессов доочистки и обеззараживания в одном сооружении - фильтре-дезинфектанте. Постановка эксперимента с помощью пилотной установки, снятие основных параметров работы фильтра-дезинфектанта. Линеаризация математического описания процессов доочистки и обеззараживания с помощью метода "наименьших" квадратов, нахождение эмпирической формулы, определяющей зависимость степени очистки биологически или физико-химически очищенных сточных вод от скорости фильтрования.*

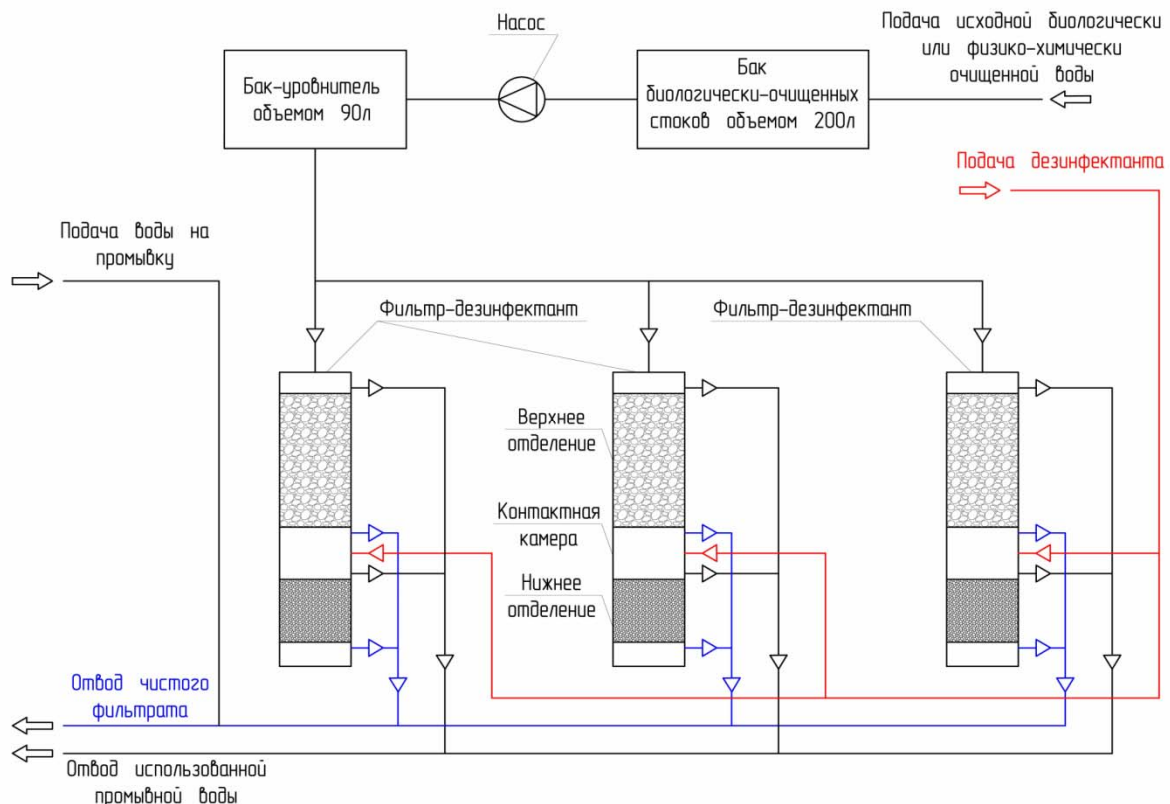
*Ключевые слова: очищенные сточные воды, обеззараживание, доочистка, математическая обработка экспериментальных данных.*

Одним из направлений экологии горного производства является охрана и рациональное использование водных ресурсов, в том числе контролируемые сбросы сточных вод в водные объекты. В соответствии с гигиеническими требованиями охраны поверхностных вод [1] к составу сбрасываемых сточных вод предъявляются требования по органолептическим, физическим, химическим и бактериологическим показателям. В связи с этим, для сброса сточных вод в водоем необходимо предусматривать не только биологическую или физико-химическую очистку, но и их доочистку и обеззараживание. Объединение процессов доочистки и обеззараживания в одном сооружении позволяет снизить эксплуатационные затраты, сократить занимаемую площадь очистных сооружений, повысить удельную производительность процессов при сохранении требуемого эффекта доочистки до предельно допустимых концентраций очистки сточных вод в водоем.

Совместно с преподавательским составом кафедры санитарно-технических систем был разработан фильтр-озонатор [2] - техническое решение, относящееся к области доочистки и обеззараживания бытовых и производственных сточных вод, которое может быть использовано на канализационных сооружениях любой производительности после биологической или физико-химической очистки. Принцип работы фильтра-озонатора [3] заключается в поочередном прохождении очищаемой воды трех секций, расположенных вертикально в корпусе фильтра - верхнее отделение фильтра, контактная камера, нижнее отделение фильтра. В контактную камеру предусматривается подача дезинфектанта, в том числе озона. Из нижней части фильтра-озонатора с помощью системы трубопроводов отводится фильтрат - доочищенная и обеззараженная вода.

Одними из главных показателей доочистки являются: концентрация взвешенных веществ и БПК<sub>5</sub>, а для определения степени обеззараживания чаще всего используют показатель по коли-фагам.

Целью работы является определение функциональных параметров, а именно доочистки и обеззараживания, фильтра-дезинфектанта, спроектированного по модели фильтра-озонатора [2]. Экспериментальная установка фильтров-дезинфектантов представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки фильтров-дезинфектантов**

Пилотная установка состоит из трех фильтров-дезинфектантов, бака-уровнителя объемом 90 л, бака подачи исходной воды - 200 л и насоса. Каждый фильтр-дезинфектант состоит из трех основных элементов:

- 1) верхний блок фильтрующей загрузки; 2) камера смешения;
- 3) нижний блок фильтрующей загрузки.

Корпуса фильтров-дезинфектантов имеют разъемные части на фланцевых соединениях, при этом диаметр корпуса составляет 0,15 м, общая высота фильтра 1,5 м. На корпусе установлены пробоотборники.

Наполнение фильтрующей загрузкой каждого фильтра-дезинфектанта представлено в табл. 1. В качестве загрузки использовались такие загрузки как угольный сорбент МИУ С2, сорбент С-ВЕРАД, торфяной сорбент СОРБОИЛ.

Сорбент МИУ [4] обладает уникальной способностью извлекать растворенные и нерастворенные вещества из воды. Для проведения эксперимента использовался сорбент МИУ-С2 с крупностью загрузки 0,7...3 мм. Плотность сорбента – 1240кг/м<sup>3</sup>.

Сорбент С-ВЕРАД [5] представляет собой алюмосиликат с модифицированной гидрофобизированной поверхностью. Внешний вид - серебристо-желтые гранулы неправильной формы, крупность загрузки составляет 0,5...2,0 мм. Плотность сорбента – 110...130кг/м<sup>3</sup>.

СОРБОИЛ – торфяной сорбент [6] обладает высокой пористостью и микроструктурой. Крупность загрузки до 20 мм. Плотность сорбента – 170...220 кг/м<sup>3</sup>.

**Таблица 1**

**Наполнения экспериментальных фильтров-дезинфектантов**

|                          | Фильтр №1    |            |               |
|--------------------------|--------------|------------|---------------|
|                          | Тип загрузки | Высота, см | Крупность, мм |
| Верхняя часть фильтра    | МИУ С2       | 18         | 0,7...3,0     |
|                          | С-ВЕРАД      | 26         | 0,5...2,0     |
| Подстилающий слой        | Гравий       | 2          | 30,0...50,0   |
| Высота контактной камеры | -            | 25         | -             |
| Нижняя часть фильтра     | СОРБОИЛ      | 45...50    | до 20,0       |
|                          | Фильтр №2    |            |               |
|                          | Тип загрузки | Высота, см | Крупность, мм |
| Верхняя часть фильтра    | МИУ С2       | 38...40    | 0,7...3,0     |
| Подстилающий слой        | Гравий       | 2          | 30,0...50,0   |
| Высота контактной камеры | -            | 25         | -             |
| Нижняя часть фильтра     | МИУ С2       | 45...50    | 0,7...3,0     |
|                          | Фильтр №3    |            |               |
|                          | Тип загрузки | Высота, см | Крупность, мм |
| Верхняя часть фильтра    | МИУ С2       | 38...40    | 0,7...3,0     |
| Подстилающий слой        | Гравий       | 2          | 30,0...50,0   |
| Высота контактной камеры | -            | 25         | -             |
| Нижняя часть фильтра     | СОРБОИЛ      | 45...50    | до 20,0       |

Для проведения эксперимента использовалась биологически очищенная сточная вода из вторичных отстойников КОС г.Тулы. Лабораторные анализы исходной биологически очищенной сточной воды, взятой из КОС г.Тулы:

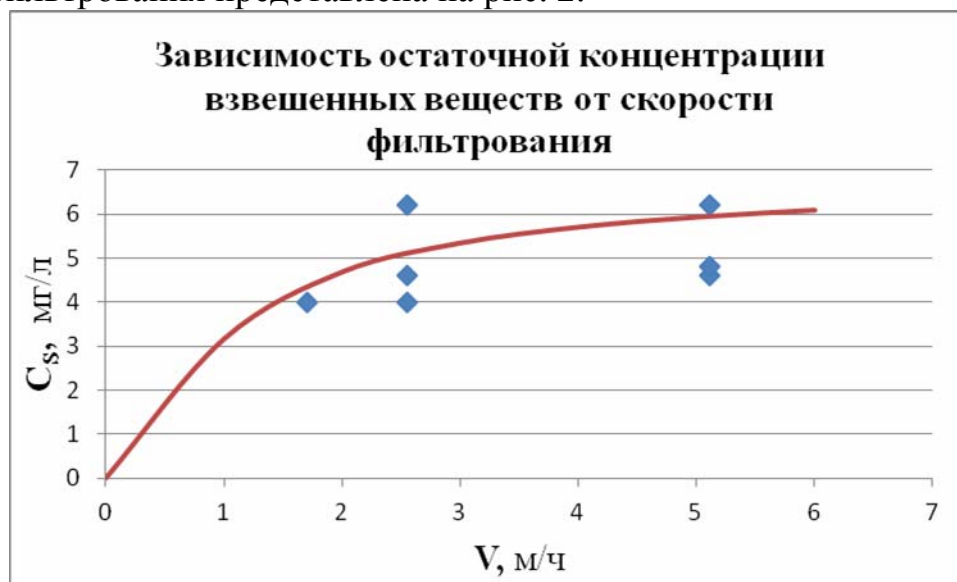
- концентрация взвешенных веществ 11,4 мг/л;
- прозрачность во вторичном отстойнике 28;
- содержание кислорода 6,1.

Скорость фильтрования действующих фильтров в соответствии с санитарными нормами [7] колеблется в пределах 7...10 м/ч. По предварительно проведенным исследованиям, было выявлено, что на экспериментальной установке фильтры-дезинфектанты могут работать скоростном режиме фильтрования от 2 до 5 м/ч в зависимости от уровня воды над верхней загрузкой. В качестве дезинфектанта использовался раствор гипохлорита натрия концентрацией 19 %, как один из наиболее распространенных реагентов. Доза дезинфектанта была определена исходя из требуемой остаточной концентрации по активному хлору [8] в очищенной воде после контакта не менее 1,5 мг/л. Ввод реагента в лабораторных условиях производился с помощью компрессора каждые 3-4 минуты в объеме 15 мл при его разбавлении 1:500.

Режим работы фильтров-дезинфектантов:

- напор воды над фильтрующей загрузкой - 15 см.
- взятие проб фильтрата каждые 15 минут.

Зависимость концентрации взвешенных веществ в фильтрате от скорости фильтрования представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Зависимость  $C_s=f(V)$**

Целью анализа облака точек, полученных экспериментально является выбор аппроксимирующей функции. Наиболее подходящим и отвечающим технологическим параметрам является уравнение (1):

$$C_s = \alpha \exp\left(-\frac{b}{V}\right), \quad (1)$$

где  $C_s$  – концентрация взвешенных веществ в фильтрате, мг/л;  $V$  – скорость фильтрования, м/ч.

В качестве математической обработки использовался метод «наименьших» квадратов [9], тогда уравнение (1) принимает следующий вид:

$$C_s = 6,95 \exp\left(-\frac{0,78}{V}\right), \quad (2)$$

На основе экспериментальных данных с помощью математической обработки была определена эмпирическая формула (2), определяющая зависимость концентрации взвешенных веществ в фильтрате от скорости фильтрования. Функция кривой по формуле (2) показывает, что при прохождении очищаемой воды через фильтр-дезинфектант с увеличением скорости фильтрования концентрация взвешенных веществ на выходе увеличивается по экспоненциальной кривой, что не противоречит сложившейся теоретической концепции фильтрации [10, 11, 12].

Таким образом, экспериментальная проверка действия фильтра-дезинфектанта показала: его конструктивную дееспособность; технологическую эффективность совмещенных процессов фильтрации и обеззараживания; экспоненциальную зависимость очищенной воды от скорости фильтрования, что можно применить при моделировании промышленных образцов таких сооружений.

### Список литературы

1. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод.
2. Патент РФ 151198 на полезную модель. МПК8 C02F1/78 Фильтр-озонатор / Р.А. Ковалев, М.Г. Бурдова, Б.Ф. Сальников, В.В. Левковская. Оpubл. 27.03.2015. Бюл. № 1.
3. Левковская В.В. О поиске рациональных параметров работы фильтра-дезинфектанта // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. Вып. 3. 2015. С. 24-30.
4. ТУ 2164-004-17809450-2008 <http://www.miu-sorb.ru/>.
5. ТУ 2164-001-59998726-2005 <http://www.sverad.ru/products/11/79/>.
6. ТУ 0392-021-00493929-2005 [http://sorboil.su/sorbent\\_sorboil](http://sorboil.su/sorbent_sorboil).
7. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84.
8. СП 32.13330.2012. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
9. Зельдович Я.Б., Мышкис А.Д. Элементы прикладной математики.

М.: Изд-во "Наука", 1972. 592 с.

10. Доочистка сточных вод на каркасно-засыпных фильтрах Саларской станции аэрации г.Ташкента/ Н.В. Кравцова, Ю.Н. Головенков, Г.В. Офицерова, З.К. Цой // Реф. инф. ЦИНИС. М. Госстрой СССР. 1976. N 12.

11. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды: учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2003. 230 с.

12. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды. М.: Издательство литературы по строительству, 1964. 156 с.

*Бурдова Мария Григорьевна, канд. техн. наук, доц., galina\_stas@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Левковская Валентина Владимировна, инж., levkovskaya.valentina@yandex.ru, Россия, Тула, ОАО «Тулагипрохим»*

*FILTER-DISINFECTANS. INTENDED AND EXPERIMENTAL CHECK  
ITS ACTIVITIES*

*M.G. Burdova, V.V. Levkovskaya*

*Combining post-treatment and disinfection processes in one building - the filter-disinfectant. Production experiment using a pilot plant, the removal of the main parameters of the filter-disinfectant. The linearization of the mathematical description of processes, post-treatment and decontamination by the method of "least" squares, finding the empirical formula defining dependence degree of cleaning biological or physic-chemically treated waste water from the filtration rate.*

*Key words: treated wastewater disinfection, post-treatment, mathematical processing of experimental data.*

*Burdova Maria Grigorievna, candidate of technical science, docent, galina\_stas@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University,*

*Levkovskaya Valentina Vladimirovna, engineer, levkovskaya.valentina@yandex.ru, Russia, Tula, JSC "Tulagiprochem"*

Reference

1. SanPiN 2.1.5.980-00 «Gigienicheskie trebovaniya k ohrane po-verhnostnyh vod»
2. Patent RF 151198 na poleznuju model'. MPK8 C02F1/78 Fil'tr-ozonator / R.A. Kovalev, M.G. Burdova, B.F. Sal'nikov, V.V. Levkovskaja. Opubl. 27.03.2015. Bjul. № 1.
3. Levkovskaja V.V. O poiske racional'nyh parametrov raboty fil'tra-dezinfektanta. Zhurnal Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle. Vyp. 3. 2015. S. 24-30.
4. TU 2164-004-17809450-2008 <http://www.miu-sorb.ru/>.
5. TU 2164-001-59998726-2005 <http://www.sverad.ru/products/11/79/>.
6. TU 0392-021-00493929-2005 [http://sorboil.su/sorbent\\_sorboil](http://sorboil.su/sorbent_sorboil).

7. SP 31.13330.2012 Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzhe-nija. Aktualizirovannaja redakcija SNIIP 2.04.02-84.
8. SP 32.13330.2012 "SNIIP 2.04.03-85. Kanalizacija. Naruzhnye seti i sooruzhenija".
9. Zel'dovich Ja.B., Myshkis A.D. Jelementy prikladnoj matema-tiki. M. Izd-vo: "Nauka". 1972. 592 s.
10. Doochistka stochnyh vod na karkasno-zasypnyh fil'trah Sa-larskoj stancii ajeracii g.Tashkenta/ N.V. Kravcova, Ju.N. Golovenkov, G.V. Oficerova, Z.K. Coj // Ref. inf. CINIS. M. Gosstroj SSSR. 1976. N 12.
11. Kichigin V.I. Modelirovanie processov ochistki vody: ucheb-noe posobie. M.: Izd-vo ASV, 2003. 230 s.
12. Minc D.M. Teoreticheskie osnovy tehnologii ochistki vody. M.: Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, 1964. 156 s.

УДК 528.873;631.6

## **КОМБИНИРОВАННЫЙ ДИСТАНЦИОННЫЙ МЕТОД ДВУХУРОВНЕВОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ**

Р.М. Данзиев, К.Х. Исмаилов, Н.Г. Джавадов

*Показана принципиальная неоднозначность результатов измерений влажности почвы с помощью инфракрасного радиометра. Составлена классификационная таблица качественных признаков функционирования инфракрасного спектрометра и микроволнового радиометра используемых для измерения влажности почвы. На базе составленной классификационной таблицы признаков предложен метод двухуровневого измерения влажности почвы с помощью комплекса аппаратуры, состоящего из спутника с инфракрасным радиометром и низколетящего легкомоторного самолета с микроволновым радиометром.*

*Ключевые слова: влажность почвы, дистанционное зондирование, радиометр, наводнение, спектр отражения.*

Как отмечается в работе [1], наличие данных о влажности почвы, а также таких геореференсированных данных как измеренные лидаром сведения о рельефе местности позволяет в случаях наводнений осуществлять меры по обеспечению безопасности, а также предсказать возможные потери и разрушения. Следует отметить, что результаты дистанционного зондирования влажности почвы играют важную роль при оценке изменений водного цикла в гидросфере, биосфере, атмосфере и на поверхности Земли [2-4]. Информация о влажности почвы также важна для изучения динамики развития растительности, движения различных загрязнителей; распро-

странения тепловых потоков между атмосферой и земной поверхностью [5-9].

Для изучения влажности почвы, солености и температуры земной поверхности широко используются микроволновые радиометры. Хорошо известно, что электромагнитные волны миллиметрового и дециметрового диапазона составляют основу наиболее чувствительных к влажности и солености почвы и океанских вод методов дистанционного зондирования. Микроволновые измерители влажности обладают минимальной чувствительностью к воздействию радиационных потоков, исходящих от растительного покрова. Известны факты использования радиометров микроволнового диапазона в Российско – Болгарском спутнике Интеркосмос в 1981-м году, в программе SMOS ESA в 2007-м году, а также в спутнике Aquarius NASA в 2009-м году.

Вместе с тем, следует отметить, что спутниковые микроволновые радиометры имеют слишком низкое геометрическое разрешение, достигающее 50 – 60 км и практически не пригодны для проведения работ по прогнозированию наводнений.

Указанный недостаток исключается, если микроволновые радиометры установить на низколетящих самолетах или на вертолетах.

В работе [1] сообщается о разработке компании MIRAMAP, создавшей GNSS интегрированные микроволновые радиометры X, C и L диапазонов, позволяющих достичь пространственного разрешения на уровне 5 – 50 м. Согласно [1], существуют специальные алгоритмы, позволяющие извлечь показатели, характеризующие состояние почвы, воды и растительности из данных, полученных дистанционно, в ходе полета. При этом, для извлечения информации о влажности почвы используется формула Шутко и Роутова

$$\sqrt{\varepsilon} = \rho_w \cdot \sqrt{\varepsilon_w} + (1 - \rho_w) \cdot \sqrt{\varepsilon_d} \quad (1)$$

где

$$\varepsilon = \varepsilon' + i\varepsilon'' \quad (2)$$

$$\varepsilon_w = \varepsilon'_w + i\varepsilon''_w \quad (3)$$

$\varepsilon$  – комплексная диэлектрическая проницаемость влажной почвы;  $\varepsilon_w$  – комплексная диэлектрическая проницаемость воды;  $\rho_w$  – относительное объемное содержание воды в почве.

Из формулы (1) находим

$$\rho_w = \frac{\sqrt{\varepsilon} - \sqrt{\varepsilon_d}}{\sqrt{\varepsilon_w} - \sqrt{\varepsilon_d}} \quad (4)$$

Таким образом формула (4) позволяет определить величину  $\rho_w$  в зависимости от  $\sigma_0$ ,  $\sigma_d$ .

Однако, использование легкомоторных самолетов или вертолетов на достаточно больших площадях также накладно и не обеспечивает опе-

ративный сбор информации. Оперативность сбора информации о влажности почвы с использованием малой авиации может быть достигнута при наличии специального наводящего источника, оперативно выявляющего потенциально опасные участки, подлежащие выборочному исследованию с помощью средств малой авиации. Очевидно, что такими средствами, определяющими потенциально опасные участки с высокой влажностью почвы могут стать спутниковые средства оснащенные сканирующими спектрометрами, работающими в инфракрасном диапазоне.

Несколько подробно рассмотрим специфику ИК зондирования почвы со спутников. Как отмечается в работе [10] спектральные свойства почвы в инфракрасном диапазоне определяются рядом факторов. Спектральное отражение почвы определяется такими факторами, как цвет, текстура, структура, минералогия, органические вещества, свободные карбонаты, соленость, влажность, наличие окисей железа и марганца.

Помимо вибрационного механизма поглощения существуют механизмы молекулярной ротации и переходов. Почвенная вода имеет абсорбционные пики на длинах волн 1450 нм, 1880 нм, 2660 нм. На рис. 1 приведены спектры поглощения воды и гидроксильных связей в почве.

Как наглядно показано на графиках, приведенных на рис. 1 полная величина перепада  $\Delta_i, i = \overline{1,3}$ , с увеличением влаги от 0,8 % до 20 % в составе почвы сначала растет в диапазоне 0,8 - 12,9 % до величины  $\Delta_2$  затем уменьшается в диапазоне 12,9 - 20,2 % до значения  $\Delta_3$ .

Аналогичный результат также получается при исследовании спектральных кривых отражения, приведенных на рис. 2 [11].

Как видно из данных, приведенных в табл. 2, значения  $\Delta_i$  имеют максимум в зависимости от содержания воды в почве. Очевидно, что если дистанционное измерение количества влаги осуществлять на длине волны 1880 нм по признаку величины  $\Delta_i$  можно столкнуться с неоднозначностью результата измерения. Так, например, при  $\Delta_i = 1,7 \div 1,8$  невозможно определить каково содержание воды, 0,319 или 0,058. Следовательно, можно заключить, что спутниковое дистанционное измерение содержания влаги в почве на длине волны 1880 нм по признаку величины полного перепада ( $\Delta_i$ ) в принципе может дать недостоверный результат. Логически напрашивается вывод о том, что спутниковый измеритель содержания влаги в почве может быть использован только в качестве целеуказателя, т.е. обнаружителя мест, где значение  $\Delta_i$  превышает определенное пороговое значение. Согласно данным, приведенным в табл. 2, таким пороговым значением может стать 1,65. При этом сигнал, полученный от спутникового измерителя, должен быть передан на центр обработки и управления, функцией которого является выработка команд управления для нижнего звена двухуровневого комплекса исследования количества влаги в почве. Таким

нижним звеном комплекса может стать низколетящий, легкомоторный самолет, оснащенный микроволновым радиометром.

Алгоритм функционирования предлагаемого метода построения комплекса дистанционного определения содержания влаги в почве показан на рис. 3.

Принцип работы комплекса заключается в следующем. Данные о местонахождении спутника, а также измерительные данные ИК спектрометра после выполнения условия предиката передаются в центр управления и обработки. Центр управления и обработки вырабатывает команду на проведение вертолетных измерений с помощью микроволнового радиометра в зонах выполнения условий предиката. Использование низколетящего авиационного средства в данном случае преследует две цели:

1. Устранение неоднозначности результатов измерений с помощью спутникового ИК спектрометра.

2. Реализация возможности оперативного управления по выбору почвенных участков на основе спутниковых данных.

Таким образом, можно сформулировать следующие основные выводы проведенного исследования:

1. Показана принципиальная неоднозначность результатов измерений влажности почвы с помощью инфракрасного радиометра.

2. Составлена качественная классификационная таблица признаков инфракрасного спектрометра и микроволнового радиометра в режиме измерения влажности почвы.

3. На базе качественной классификационной таблицы признаков предложен метод двухуровневого измерения влажности почвы с помощью комплекса аппаратуры, состоящего из спутника с инфракрасным радиометром и низколетящего легкомоторного самолета с микроволновым радиометром.

В табл. 1 приведены длины волн поглощения основных составляющих почвы по вибрационному механизму.

**Таблица 1**

***Длины волн поглощения основных составляющих почвы  
по вибрационному механизму***

| Составляющая                                        | Длина волны (нм) поглощения |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1                                                   | 2                           |
| Н <sub>2</sub> O (вибрационный механизм поглощения) | 3106                        |
|                                                     | 2903                        |
|                                                     | 6080                        |
|                                                     | 2770                        |
|                                                     | 2200 (2300)                 |
| Окиси                                               | 5000                        |
| Гематиты                                            | 20000                       |
| Карбонаты                                           | 7000,11000,12000            |

**Окончание табл. 1**

| 1        | 2                           |
|----------|-----------------------------|
| Фосфаты  | 9250,10300,18000            |
| Сульфаты | 9000,10200,<br>16000, 22200 |
| Гипс     | 1750, 2300                  |
| Силикаты | 1000, 12000...15000         |

В табл. 2 приведены значения содержания воды в почве и соответствующие величины  $\Delta_i, i = \overline{1,8}$ .

**Таблица 2**

**Значения содержания воды в почве и соответствующие величины**

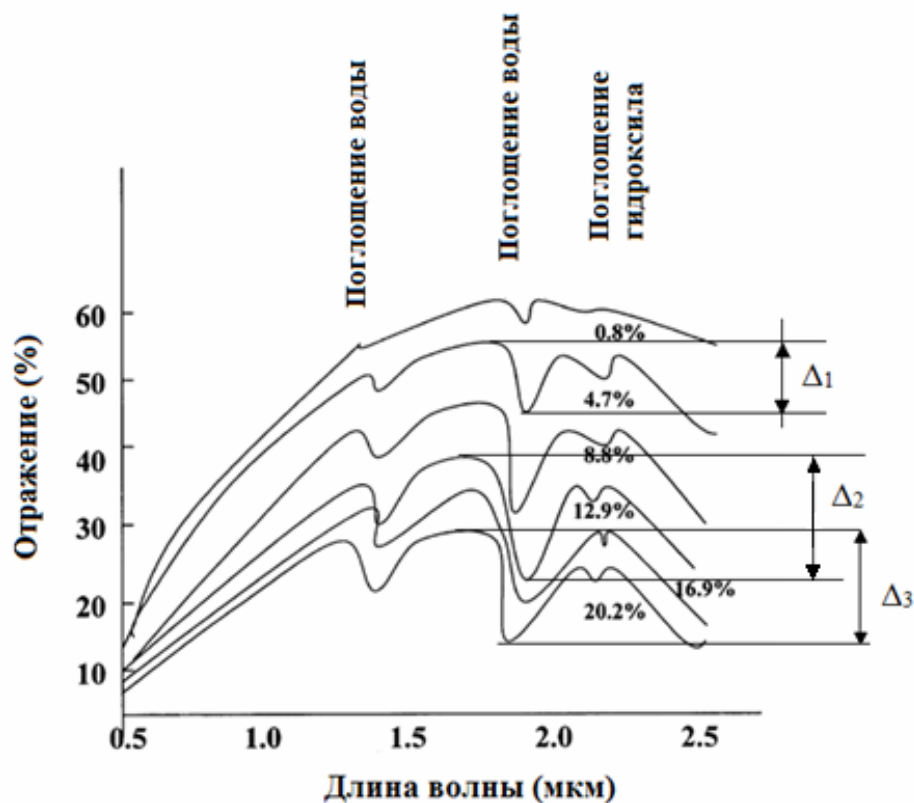
$\Delta_i, i = \overline{1,8}$

| N | Содержание воды | $\Delta_i$ |
|---|-----------------|------------|
| 1 | 2               | 3          |
| 1 | —               | 1,65       |
| 2 | 0,319           | 1,7        |
| 1 | 2               | 3          |
| 3 | 0,239           | 1,9        |
| 4 | 0,167           | 2,15       |
| 5 | 0,102           | 2,15       |
| 6 | 0,058           | 1,8        |
| 7 | 0,022           | 0,95       |
| 8 | —               | 0,7        |

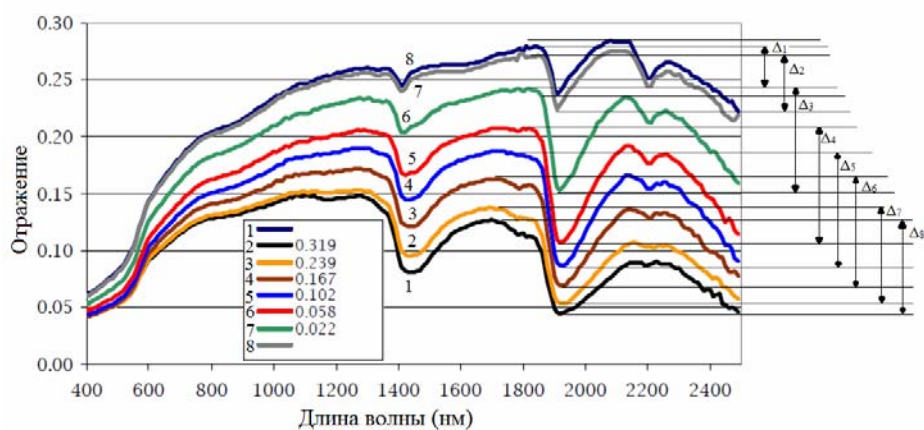
**Таблица 3**

**Качественная признаковая классификация**

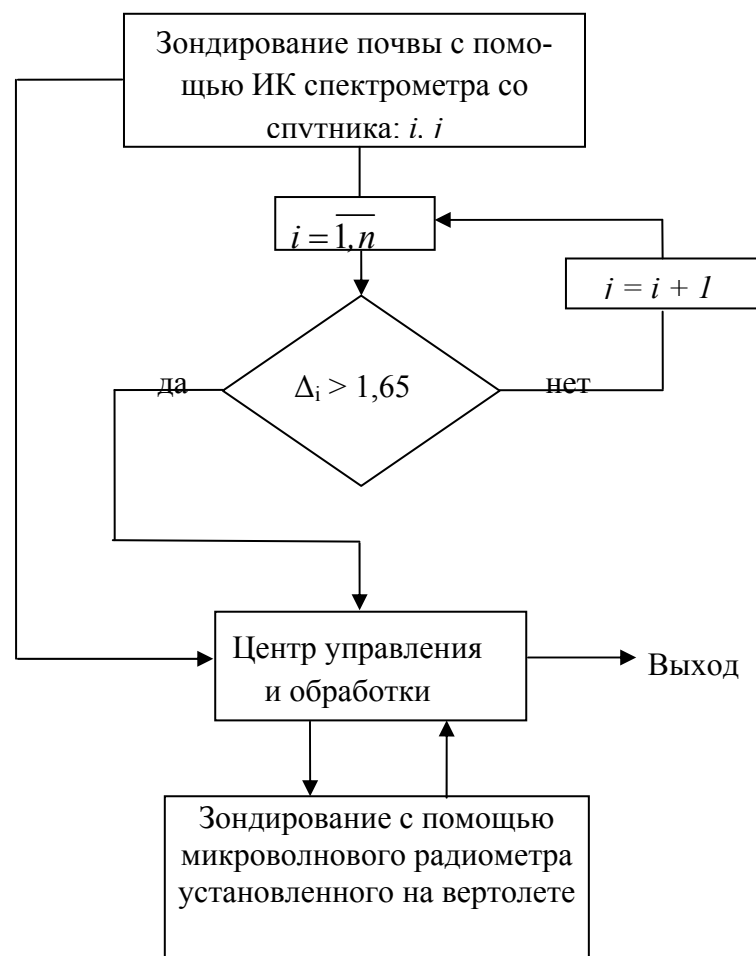
| Признаки         | Признаки        | Разрешение                           |                                     |
|------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|                  | Свойства        | Высокое                              | Низкое                              |
| Однозначность    | Однозначно      | Микроволновый радиометр на вертолете | Микроволновый радиометр на спутнике |
|                  | Неоднозначно    | ИК спектрометр на спутнике           | —                                   |
| Охват территории | Широкий охват   | ИК спектрометр на спутнике           | Микроволновый радиометр на спутнике |
|                  | Неширокий охват | Микроволновый радиометр на вертолете | —                                   |



**Рис. 1. Спектры отражения почвы с пиками поглощения на длинах волн 1450; 1880 и 2660 нм**



**Рис. 2. Спектры отражения почвы типа Argic Aridisols в зависимости от содержания в ней влаги. Цифрами указаны: 1 – почва высушенная в печи; 8 – почва высушенная на воздухе;  $\Delta_i$  – перепад амплитуды спектра поглощения в зоне 1880 нм**



**Рис. 3. Алгоритм функционирования предлагаемого метода построения комплекса дистанционного определения содержания влаги в почве**

Логический вывод о необходимости построения двухуровневого комплекса обосновывается качественной признаковой классификацией показанной в табл. 3.

### Список литературы

1. Weichelt H., Schmidt K., Shutko A., Reutov E., Ijash G., Jackson T., Schmugge T., Swift C., Pampaloni P., Paloscia S., Rao K. Progress and problems in microwave remote sensing of soil moisture (instruments and application). [www.ispr.org/proceedings/XXIX/congress/part2/543\\_XXIX-part2.pdf](http://www.ispr.org/proceedings/XXIX/congress/part2/543_XXIX-part2.pdf)
2. Moore R.J. Real-time flood forecasting systems: Perspectives and prospects. In: R. Casale and C. Margottini (eds), Floods and landslides: Integrated Risk Assessment, 1999, Chapter 11, 147-189, Springer.

3. Xu C.Y. Climate change and hydrologic models: A review of existing gaps and recent research developments. *Water Resources Management*, 13(5), P. 369-382.
4. Blyth E.M. Relative influence of vertical and horizontal processes in large – scale water and energy balance modeling. 2001. IAHS Publ. no. 270, P. 3-10.
5. Moore R.J. The probability – distributed principle and runoff production at point and basin scales. *Hydrological Sciences Journal*, 1985, 30(2), 273-297.
6. Todini E. The ARNO rainfall-runoff model. 1996. *Journal of Hydrology*, 175, P. 339-382.
7. Van Den Hurk B., Viterbo P., Beljaars A., Betts A. Offline validation of the ERA40 surface scheme. 2000. ECMWF Technical Memorandum No.295, P. 42.
8. Beljaars A.C.M., Viterbo P., Miller M.J., Betts A.K. The anomalous rainfall over the United States during July 1993: Sensitivity to land surface parameterization and soil moisture anomalies. 1996. *Monthly Weather Review*, 124(3), P. 362-383.
9. Viterbo P., Beljaars A.C.M. An improved land surface parameterization scheme in the ECMWF Model and its validation. 1995. *Journal of climate*, 8, 2716-2748.
10. Manchanda M.L., Kudrat M., Tiwari A.K. Soil survey and using remote sensing. *Tropical Ecology* 43(1): 2002. P. 61-74.
11. Philpot W. Spectral Reflectance of Wetted Soils. <http://www.asdi.com/getmedia/eeeb7ad1-c964-44fd-9404-d4870657e738/Spectral-Reflectance-of-Wetted-Soils.pdf.aspx>

*Данзиев Рамал Мирзагасан оглы, асп., [danziev1983@mail.ru](mailto:danziev1983@mail.ru), Азербайджан, Баку, Азербайджанский государственный архитектурный и государственный университет,*

*Исмаилов Камал Хейраддин оглы, д-р техн. наук, проф., [kamalismailov@mail.ru](mailto:kamalismailov@mail.ru), Азербайджан, Баку, Национальная академия авиации,*

*Джавадов Натиغ Гаджи оглы, д-р техн. наук, проф., ген. директор, [djavadov1955@mail.ru](mailto:djavadov1955@mail.ru), Азербайджан, Баку, ПО «Промавтоматика»*

*THE COMBINED REMOTE METHOD FOR TWO LEVEL DETERMINATION  
OF THE SOIL HUMIDITY FOR FLOODING PREDICTION*

*R.M. Danzиеv, K.Kh. Ismailov, N.H. Djavadov*

*The principal ambiguity of results of measurements of soil humidity using the infra-red radiometer is shown. The classification table of qualitative signs of functioning of infra-*

*red spectrometer and microwave radiometer used for the soil humidity measurements is formed.*

*On the basis of the formed classification table the method for two – level measurements of the soil humidity realized by spaceborne infrared radiometer and airborne microwave radiometer is suggested.*

*Key words: soil humidity; remote sensing; radiometer; flooding; reflection spectrum.*

*Danziev Ramal Mirzagasiyn ogli, postgraduate, [danziev1983@mail.ru](mailto:danziev1983@mail.ru), Azerbaijan, Baku, Azerbaijan University of Architecture and Construction,*

*Ismailov Kamal Heiraddin ogli, Doctor of Sciences, Full Professor, [kamalismaailov@mail.ru](mailto:kamalismaailov@mail.ru), Azerbaijan, Baku, National Academy of Aviation,*

*Djavadov Natig Gadji ogli, Doctor of Sciences, Full Professor, General Director, [djavadov1955@mail.ru](mailto:djavadov1955@mail.ru), Azerbaijan, Baku, PO "Promavtomatika"*

## Reference

1. Weichelt H., Schmidt K., Shutko A., Reutov E., Ijash G., Jackson T., Schmugge T., Swift C., Pampaloni P., Paloscia S., Rao K. Progress and problems in microwave remote sensing of soil moisture (instruments and application). [www.ispr.org/proceedings/XXIX/congress/part2/543\\_XXIX-part2.pdf](http://www.ispr.org/proceedings/XXIX/congress/part2/543_XXIX-part2.pdf)
2. Moore R.J. Real-time flood forecasting systems: Perspectives and prospects. In: R. Casale and C. Margottini (eds), Floods and landslides: Integrated Risk Assessment, 1999, Chapter 11, 147-189, Springer.
3. Xu C.Y. Climate change and hydrologic models: A review of exist-ing gaps and recent research developments. Water Resources Management, 13(5), R. 369-382.
4. Blyth E.M. Relative influence of vertical and horizontal processes in large – scale water and energy balance modeling. 2001. IAHS Publ. no. 270, R. 3-10.
5. Moore R.J. The probability – distributed principle and runoff pro-duction at point and basin scales. Hydrological Sciences Journal, 1985, 30(2), 273-297.
6. Todini E. The ARNO rainfall-runoff model. 1996. Journal of Hy-drology, 175, R. 339-382.
7. Van Den Hurk B., Viterbo P., Beljaars A., Betts A. Offline valida-tion of the ERA40 surface scheme. 2000. ECMWF Technical Memorandum No.295, R. 42.
8. Beljaars A.C.M., Viterbo P., Miller M.J., Betts A.K. The anoma-lous rainfall over the United States during July 1993: Sensitivity to land sur-face parameterization and soil moisture nanomalies. 1996. Monthly Weather Review, 124(3), R. 362-383.
9. Viterbo P., Beljaars A.C.M. An improved land surface parameteri-zation scheme in the ECMWF Model and its validation. 1995. Journal of climate, 8, 2716-2748.
10. Manchanda M.L., Kudrat M., Tiwari A.K. Soil survey and using remote sens-ing. Tropical Ecology 43(1): 2002. R. 61-74.
11. Philpot W. Spectral Reflectance of Wetted Soils. <http://www.asdi.com/getmedia/eeeb7ad1-c964-44fd-9404-d4870657e738/Spec-tral-Reflectance-of-Wetted-Soils.pdf.aspx>

УДК 622.33.012.2.001.2: 622.33.016.8:658.152.011.46

## **ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСЕРВАЦИИ (ЛИКВИДАЦИИ) ШАХТ ПРОКОПЬЕВСКО-КИСЕЛЕВСКОГО РАЙОНА КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

В.И. Ефимов, Р.В. Сидоров, Т.В. Корчагина

*Рассмотрены актуальные вопросы проектирования консервации (ликвидации) неэффективных угледобывающих производств в Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса.*

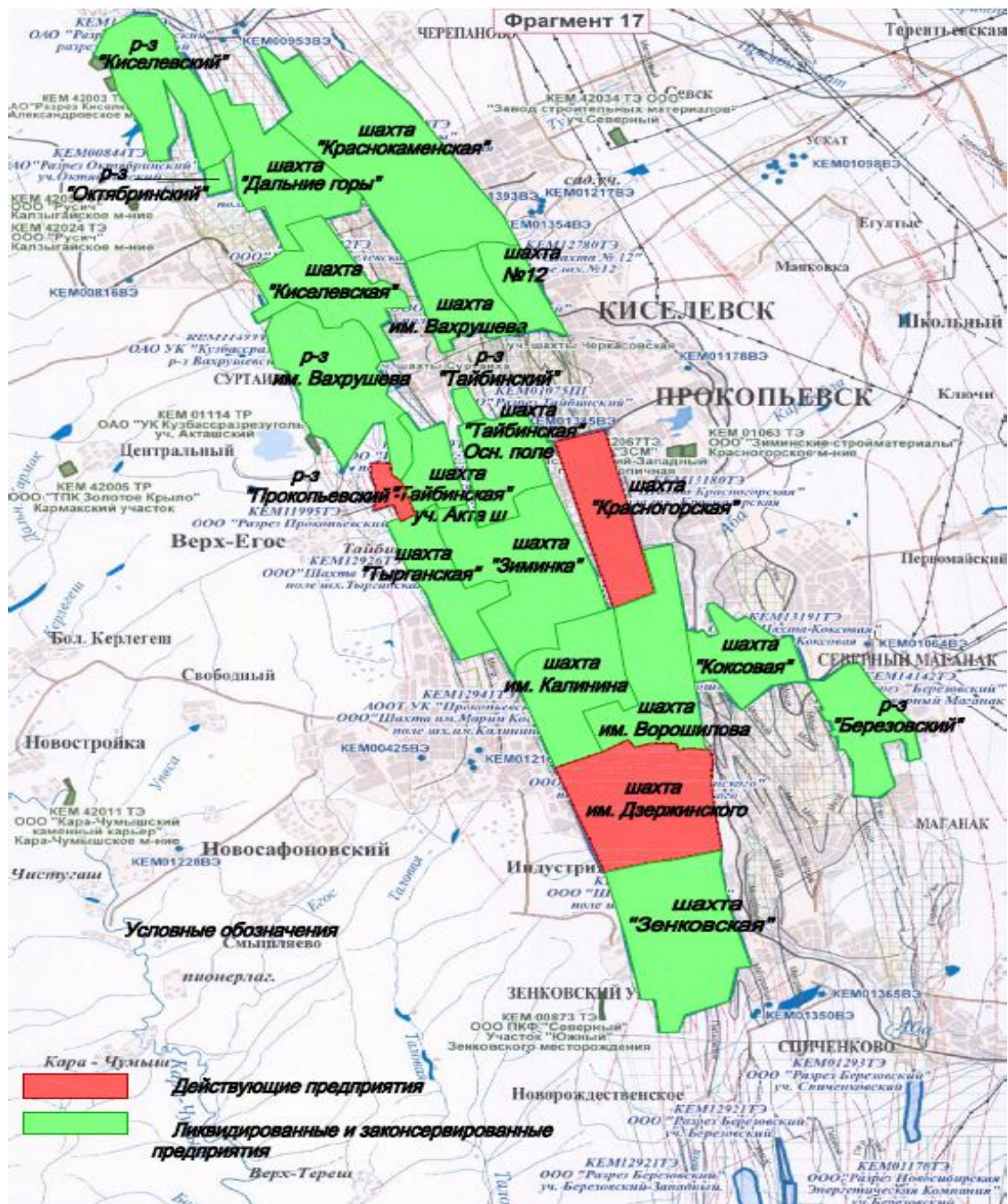
*Ключевые слова: угледобывающее производство, консервация, промышленная безопасность, нормы проектирования, мониторинг.*

Программой развития угольной промышленности России на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2014 г. N 1099-р предусматривается увеличение добычи угля до 430 млн тонн. Планируется ввести 505 млн тонн новых и модернизированных мощностей по добыче угля – при выбытии 375 млн тонн мощностей неперспективных и убыточных предприятий и сокращении уровня износа основных фондов с 70...75 % до 20 % [1].

В ведущих угольных бассейнах имеется ряд неэффективных угледобывающих производств, подлежащих ликвидации. В первую очередь это относится к проблемным шахтам в Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса, расположенных соответственно в моногородах Прокопьевске и Киселевске (рис. 1) [2].

Ликвидация или консервация опасного объекта, которым является угледобывающее предприятие, ведет к необратимым экологическим последствиям [3, 4] и по законодательным документам осуществляется в соответствии с проектными решениями, с соблюдением требований промышленной безопасности, охраны недр и окружающей природной среды [5].

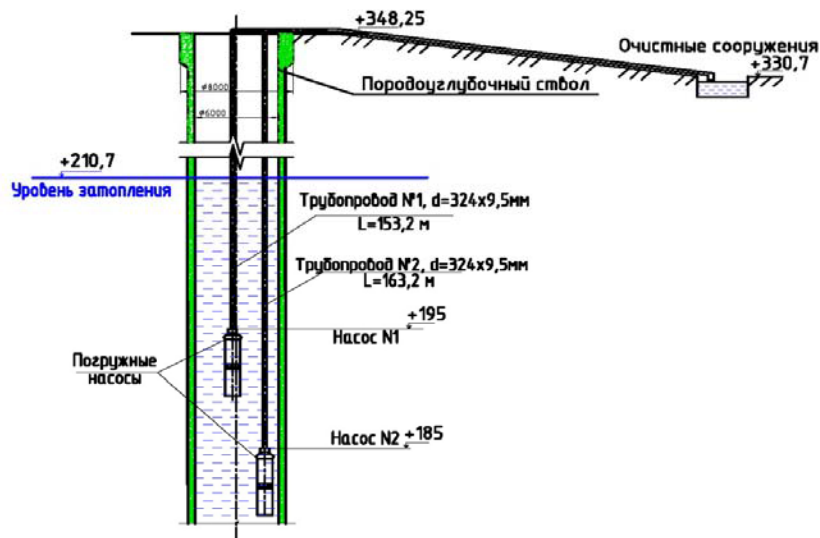
Структура и содержание технического проекта ликвидации и консервации объекта регламентируются Приказом Минприроды РФ от 25.06.2010 № 218. «Об утверждении требований к структуре и оформлению проектной документации на разработку месторождений твердых полезных ископаемых, ликвидацию и консервацию горных выработок, и первичную переработку минерального сырья», «Инструкцией о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами», «Отраслевой инструкцией о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче угля (сланца)».



**Рис. 1. Ситуационный план Прокопьевско-Киселевского каменноугольного месторождения**

Опыт консервации шахт в России и Кузбассе и показывает, что консервация (ликвидация) неэффективных угледобывающих производств осуществляется в основном «комбинированным мокрым» способом с установкой погружных насосов и поддержанием уровня затопления на определенной отметке, обеспечивающей безопасность ведения горных работ на действующих предприятиях (рис. 2) и с перетоком подземных вод на со-

седние (недействующие) предприятия через гидрогеологические и геомеханические связи (рис. 3).



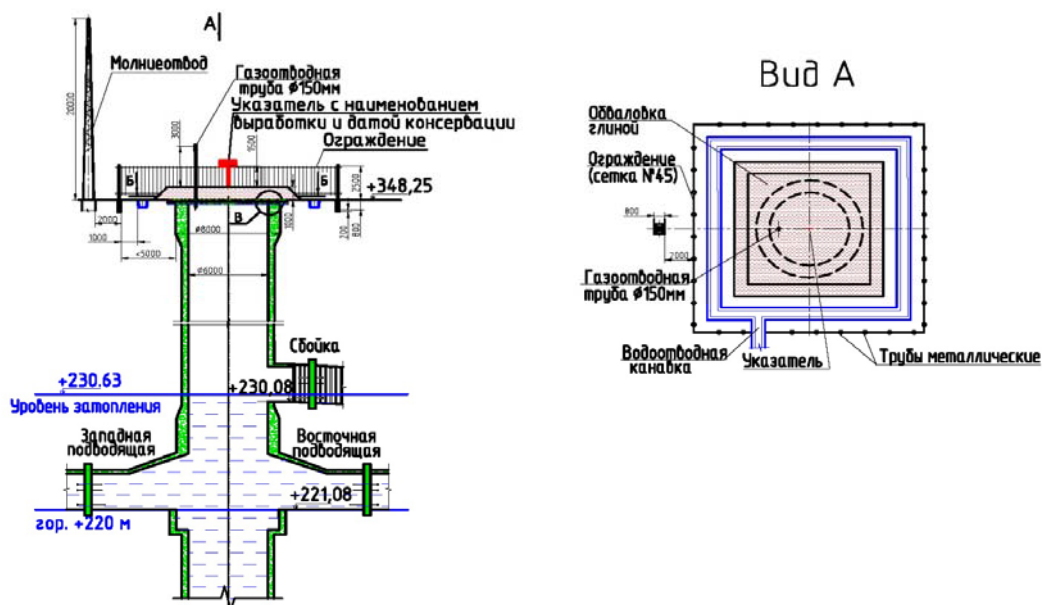
**Рис. 2. Схема консервации ствола с установкой погружных насосов**

Основным критерием при выборе способа консервации шахты является обеспечение безопасности работы смежных шахт, которое устанавливается путем анализа устойчивости барьерных целиков и наличия прямых гидравлических связей между шахтами через систему горных выработок и очистных работ.

В результате консервации возможно прогнозирование ситуации подтопления и потери устойчивости горных выработок. Совместные технические совещания недропользователей с участием представителей органов надзора за соблюдением мер промышленной безопасности при ведении горных работ не всегда приводят к выработке однозначного решения в виду отсутствия механизма и алгоритма взаимодействия. Позиция Ростехнадзора определена в соответствии с п.118 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах»: на шахтах, смежных с ликвидируемыми и консервируемыми шахтами горные работы проводятся с соблюдением мер, обеспечивающих безопасность ведения горных работ.

Для стабилизации гидрогеологической ситуации в техногенных горизонтах и на поверхности горных отводов действующих и консервируемых (ликвидированных) шахт Прокопьевско-Киселевского угольного района, необходима организация водопонижения на горных отводах гидравлически связанных шахт, с поддержанием уровня затопления Прокопьевско-Киселевского техногенного гидрогеологического комплекса на от-

метках предполагаемых водопритоков связанных шахт, исключив затопление действующих предприятий.



**Рис. 3. Схема консервация ствола с передачей подземных водопритоков**

В результате консервации комбинированным способом с учетом существующих горно-геологических и горнотехнических условий возможны неблагоприятные последствия выхода провалов и усадки поверхности.

Учитывая сложность природно-техногенной системы Прокопьевско-Киселевского техногенного гидрогеологического комплекса необходимо постоянное наблюдение и прогнозирование ситуации. Решение такой задачи возможно лишь при условии наличия массива данных мониторинга.

Анализ нормативных документов для разработки проектной документации по консервации (ликвидации) горных выработок свидетельствует о необходимости ревизии нормативных документов, регламентирующих нормы проектирования при консервации (ликвидации) неэффективных угледобывающих производств. Дело в том, что наблюдаются многочисленные недоработки и противоречия требований, предъявляемых к действующим нормативным актам, которые, на наш взгляд связаны с рассогласованностью действий различных ведомств [6].

Несмотря на то, что законодательно определен источник финансирования консервации и ликвидации горных выработок и в соответствии со статьей 26 Закона Российской Федерации "О недрах" ликвидация и консервация горных выработок и иных сооружений, связанных с использованием недрами, осуществляется за счет средств предприятий - пользователей

недр. Однако, на практике, недропользователь, не получив положительного результата от ведения хозяйственной деятельности, старается минимизировать затраты на работы по консервации (ликвидации), а при несостоятельности - банкротстве предприятия – не производит их, что влечет возникновение негативных последствий [7].

Резюмируя изложенное выше, для реализации рассмотренных проблем требуют решения следующие задачи [8, 9].

1. Совершенствование законодательства в области проектирования консервации и ликвидации неэффективных производств.

2. Разработка механизма реализации мероприятий по обеспечению безопасного ведения горных работ на действующих предприятиях, смежных с ликвидируемыми и консервируемыми шахтами.

3. Создание единого центра мониторинга для осуществления газодинамического, гидрогеологического и др. видов мониторинга.

4. Формирование консолидированного бюджета для финансирования работ по консервации и ликвидации горных выработок.

### Список литературы

1. Программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года [Электронный ресурс]: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2014 г. N 1099-р. (режим доступа: <http://www.consultant.ru>).

2. Гридин В.Г., Ефимов В.И., Корчагина Т.В. Основные направления эколого-экономического развития моногородов Кузбасса / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 3. С. 221-224.

3. Kachurin N.M., Efimov V.I., Vorobev S.A., Shkuratckiy D.N. Evaluating of closed mines mining lease territories environmental safety by gas factor Eurasian Mining. 2014. Т. 2014. № 2. С. 41-44.

4. Ефимов В.И., Рыбак Л.В. Производство и окружающая среда - Москва, 2012.

5. Оценка потенциальных экологических последствий при проектировании консервации шахты / В.И Ефимов, В.А. Гушинец, Р.В. Сидоров, Т.В. Корчагина // Уголь. 2014. №10. С.100-104

6. Ефимов В.И, Сидоров Р.В., Корчагина Т.В. Анализ проблем нормативного обеспечения проектирования предприятий по добыче и переработке угля. Уголь. 2014. №3. С.86-87.

7. Российская Федерация. Законы. О недрах: закон от 21.02.1992г. №2395-1 (в редакции от 29.12.2014) // Консультант Плюс: комп. справ. правовая система [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

8. Ефимов В.И., Сидоров Р.В., Корчагина Т.В. К вопросу проектирования консервации (ликвидации) неэффективных угледобывающих производств. Уголь. 2015. Т. 1073. № 8. С. 102-106.

9. Ефимов В.И., Сидоров Р.В., Корчагина Т.В. Актуальные вопросы проектирования консервации (ликвидации) неэффективных угледобывающих производств на примере шахт Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса. / Уголь. 2015. № 4. С. 72-75.

*Ефимов Виктор Иванович, д-р техн. наук, проф., [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Россия, Москва, НИТУ «МИСиС»,*

*Сидоров Роман Владимирович, горн. инженер, директор, [r.sidorov@sds-ugol.ru](mailto:r.sidorov@sds-ugol.ru), Россия, Кемерово, ООО «Сибирский Институт Горного Дела»,*

*Корчагина Татьяна Викторовна, канд. техн. наук, зам. директора, [t.korcyagina@sds-ugol.ru](mailto:t.korcyagina@sds-ugol.ru), Россия, Кемерово, ООО «Сибирский Институт Горного Дела»*

*PROBLEMS OF DESIGNING CONSERVATION (ELIMINATION) OF MINES PROKOP'EVSKO-KISELEVSKOGO DISTRICT OF KEMEROVO OBLAST*

*V. Efimov, R. Sidorov, T. Korchagina*

*Conservation design issues (the elimination) of inefficient coal-mining industries in Prokop'evsko-Kiselevskom area of Kuzbass.*

*Key words: coal production, conservation, industrial safety, design standards, and monitoring.*

*Efimov Viktor Ivanovich, Doctor of Sciences, Full Professor, [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Russia, Moscow, National Research Technological University "MIiSIS",*

*Sidorov Roman Vladimirovich, Mining Engineer, [r.sidorov@sds-ugol.ru](mailto:r.sidorov@sds-ugol.ru), Russia, Kemerovo, ООО "Siberian Mining Institute",*

*Korchagina Tatiyna Victorovna, Candidate of Technical Sciences, Deputy Director, [t.korcyagina@sds-ugol.ru](mailto:t.korcyagina@sds-ugol.ru), Russia, Kemerovo, ООО "Siberian Mining Institute"*

Reference

1. Programma razvitija ugol'noj promyshlennosti Rossii na pe-riod do 2030 goda [Elektronnyj resurs]: utv. rasporjazheniem Pravi-tel'stva Rossijskoj Federacii ot 21 ijunja 2014 g. N 1099-r. Rezhim do-stupa: <http://www.consultant.ru>.

2. Gridin V.G., Efimov V.I., Korchagina T.V. Osnovnye naprav-lenija jekologojekonomicheskogo razvitija monogorodov Kuzbassa / Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2014. № 3. S. 221-224.

3. Kachurin N.M., Efimov V.I., Vorobev S.A., Shkuratckiy D.N. Evaluating of closed mines mining lease territories environmental safety by gas factor Eurasian Mining. 2014. T. 2014. № 2. S. 41-44.
4. Efimov V.I., Rybak L.V. Proizvodstvo i okruzhajushhaja sreda - Moskva, 2012.
5. Ocenka potencial'nyh jekologicheskikh posledstvij pri proek-tirovanii konservacii shahty / V.I Efimov, V.A. Gushinec, R.V. Sido-rov, T.V. Korchagina // Ugol'. 2014. №10. S.100-104
6. Efimov V.I., Sidorov R.V., Korchagina T.V. Analiz problem normativnogo obe-spechenija proektirovanija predpriyatij po dobyche i pererabotke uglja. Ugol'. 2014. №3. S.86-87.
7. Rossijskaja Federacija. Zakony. O nedrah: zakon ot 21.02.1992g. №2395-1 (v re-dakcii ot 29.12.2014) // Konsul'tant Pljus: komp. cprav. pravovaja sistema [Elektronnyj re-surs]. Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru>.
8. Efimov V.I., Sidorov R.V., Korchagina T.V. K voprosu proek-tirovanija konser-vacii (likvidacii) nejeffektivnyh ugledobyvajushhih proizvodstv. Ugol'. 2015. T. 1073. № 8. S. 102-106.
9. Efimov V.I., Sidorov R.V., Korchagina T.V. Aktual'nye vo-prosy proektirovanija konservacii (likvidacii) nejeffektivnyh ugle-dobyvajushhih proizvodstv na primere shaht Pro-kop'evsko-Kiselevskogo rajona Kuzbassa. / Ugol'. 2015. № 4. S. 72-75.

УДК: 622.53:622.534:678.5/.6.003.1

## **ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГОСУДАРСТВА И ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО БИЗНЕСА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В КРИЗИСНЫХ УСЛОВИЯХ**

**В.И. Ефимов, С.М. Попов, П.М. Федяев**

*Установлено для реализации инновационного пути развития горных отраслей в условиях экономического кризиса «узких мест» в системе экономико-правовых отношений между горняками и государством, не позволяющих реализовывать эффективные инновационные экологические проекты в сложившихся условиях. Для раскрытия таких «узких мест» мест предложен механизм выбора инструментов государственно-частного партнерства отличающихся комплексностью учета условий влияющих на возможность и эффективность их применения на конкретном горнодобывающем предприятии.*

*Ключевые слова: методические основы; организация государственно-частного партнерства; инновационное развитие горнодобывающих предприятий в условиях экономического кризиса; экологические проекты.*

В условиях длительного экономического спада многие предприятия по добыче минеральных ресурсов России находятся на грани банкротства.

В то же время, не смотря, на имеющийся потенциал в инвестицион-

ной, технологической и инновационной сферах для развития их производственно-хозяйственной деятельности, он не может быть успешно реализован в рамках существующей нормативно-правовой базы регулирующей взаимоотношения между предприятиями горных отраслей, разработчиками инновационных решений, инвесторами и государством.

Не хватает правовых норм и инструментов, которые в этих кризисных экономических условиях позволяли бы реализовывать высоко прибыльные инновационные экологические проекты развития различных сфер деятельности в горнодобывающих отраслях [1, 2, 3].

В результате анализа установлено, что отличительными особенностями работы предприятий горных отраслей в условиях экономического кризиса, в отличие от предыдущего периода, являются изменения в состоянии экономики предприятий, которые в свою очередь становятся объективным препятствием для реализации экологических инноваций в производстве [4, 5].

В соответствии с теоретическими представлениями и анализом работы предприятий горных отраслей в период мирового экономического кризиса установлено, что характер его последствий, наиболее выразительно, может быть представлен в виде закономерностей отражающих изменение рентабельности производства и качества влияния на окружающую среду в этот период времени [6, 7].

При этом глубина экономического спада в работе предприятий в период мирового кризиса может характеризоваться уровнем рентабельности при котором предприятия горных отраслей будут оставаться прибыльными, или уровнем, при котором предприятия в течение некоторого периода времени будут убыточными.

Таким образом, влияние мирового экономического кризиса на экономику предприятий горных отраслей выражается в том, что в этот период времени их работа может характеризоваться как низкорентабельной или временно убыточной.

А это обстоятельство, в свою очередь, является объективным препятствием для реализации на предприятиях инновационных разработок в силу того, что экономические результаты работы предприятий горных отраслей в таких условиях приводит, как минимум, к росту риска своевременности возврата инвестиций направляемых на реализацию различных инновационных проектов.

Кроме того доходы получаемые при реализации инновационных разработок, в периоды временной нерентабельной работы некоторых предприятий горных отраслей во время экономического кризиса, могут быть направлены на решение других первоочередных задач [8] что, в свою очередь, не позволяет обеспечить своевременность возврата инвестированных средств.

К еще одному аргументу, характеризующему качественное отличие условий для инновационной деятельности в периоды экономического кризиса, следует отнести тот факт, что эффекты полученные от инноваций в модернизацию оборудования, в виде некоторой суммы сэкономленных производственных затрат на убыточных предприятиях, не могут быть использованы для возврата инвестиций.

Поскольку инновационный путь развития предприятий горных отраслей является одним из современных способов выхода из периода экономического спада за счет роста эффективности производственной деятельности, то для создания экономико-правовых условий, способствующих увеличению масштабов реализации инновационных проектов, могут быть использованы инструменты государственно-частного партнерства [9, 10].

В соответствии с результатами анализа причин приводящих к сдерживанию инновационного развития предприятий горных отраслей в условиях экономического кризиса отличительных особенностей были сделаны следующие выводы.

Первое, в условиях экономического кризиса реализация инновационных проектов на предприятиях горных отраслей может привести либо к снижению суммарных затрат в производственно-хозяйственной деятельности убыточных предприятий, либо, некоторому приросту прибыли в работе низкорентабельных предприятий.

Второе, работа как низкорентабельных, так и тем более временно убыточных предприятий горных отраслей в условиях кризиса не позволяет обеспечить необходимый уровень надежности возврата инвестиций в инновационные проекты [11, 12].

Третье, работа предприятий горных отраслей в условиях экономического кризиса не позволяет применять существующий инструмент государственно-частного партнерства, предусматривающий использование средств инновационного фонда, в связи с высоким риском для инвестора [13, 14].

Таким образом, из вышеизложенного следует, что для реализации инновационного пути развития горных отраслей в условиях экономического кризиса необходимо преодолеть несколько «узких» мест в системе экономико-правовых отношений между горняками и государством.

Первое - обеспечить гарантии возврата инвестиций в инновационные проекты развития предприятий горных отраслей, работающей в условиях экономического кризиса [15].

Второе – обеспечить возможность использования части прибыли получаемой в результате реализации инновационных проектов для гарантированного возврата средств инвесторам.

Для раскрытия этих «узких» мест в системе экономико-правовых взаимоотношений между предприятиями горных отраслей и государством

могут быть использованы инструменты государственно-частных отношений, которые должны носить адресный характер.

То есть, для осуществления одного из инновационных проектов необходимо на основе оценки состояния экономики одного из предприятий горных отраслей разработать экономико-правовые условия для его реализации в условиях экономического кризиса.

В качестве методического подхода, используемого при формировании инструментов государственно-частного партнерства, был разработан алгоритм проведения комплекса взаимосвязанных этапов этой работы, состоящих из последовательного выполнения следующих исследований.

Этап 1. Анализ состояния инструментов государственно-частного партнерства инновационного пути развития горной промышленности в условиях экономического кризиса.

В рамках этого этапа проводятся: анализ правовых инструментов государственно-частного партнерства для инновационного пути развития; анализ влияния экономического кризиса на возможность инновационного развития предприятий горнодобывающих отраслей России.

Этап 2. Разработка методических основ формирования инструментов государственно-частного партнерства для инновационного развития горных предприятий работающих в условиях кризиса.

В рамках этого раздела устанавливаются место и роль разрабатываемых методических основ в рамках теории государственно-частного партнерства как установление особых, взаимовыгодных экономико-правовых форм взаимоотношений между государством и частными компаниями, позволяющих создавать более благоприятные условия для реализации различных программ и, в частности, проектов инновационного развития.

Этап 3. Проведение исследования факторов влияющих на формирование инструментов государственно-частного партнерства для инновационного пути развития предприятий горных отраслей в условиях экономического кризиса.

В рамках этого этапа исследуется влияние факторов на формирование системы экономико-правовых взаимоотношений в рамках государственно-частного партнерства для обеспечения инновационного пути развития горнодобывающих предприятий работающих в условиях экономического кризиса; формируются типовые варианты инструментов государственно-частного партнерства для инновационного пути развития горной промышленности в условиях экономического спада.

Этап 4. Разработка моделей и механизма выбора вариантов государственно-частного партнерства для инновационного пути развития предприятий горных отраслей в условиях экономического кризиса.

В рамках этого этапа осуществляется разработка: типовых моделей государственно-частного партнерства для инновационного пути развития предприятий горнодобывающих отраслей, а в условиях экономического кризиса; механизма формирования вариантов государственно-частного партнерства для инновационного пути развития предприятий горных отраслей в условиях экономического спада.

В соответствии с приведенным алгоритмом проведения исследований и результатов анализа влияния экономического кризиса на развитие предприятий горных отраслей был сделан вывод о том, что возможность инновационного пути развития и этих условиях кардинально отличается от условий работы предприятий до кризисного периода. Ее успех не только возможен, но и вполне реализуем при условии разработки и адаптации соответствующих инструментов государственно-частного партнерства к современному этапу развития экономики России.

### Список литературы

1. Болдырев А.А., Попов С.М. Методические основы решения эколого-экономических задач на примере предприятий центра России. Горный журнал. 2007. №6. С. 29.
2. Экономика природопользования/ Н.М. Боднарук, А.А. Кобяков, Л.В. Рыбак, С.М. Попов, И.А. Стоянова// Учебное пособие. Москва, 2010.
3. Экология. Природа и общество вопросы регулирования/ В.Г. Гридин [и др.]// Учебник. М., изд. ООО «ТИД «Студент», 2011. 255 с.
4. Экономика, организация, управление природными и техногенными ресурсами / В.Г. Гридин [и др.]// М., «Горная книга», 2012. 752 с.
5. Гридин В.Г., Ефимов В.И. 40 вопросов по экологии. М.: МГГУ, 2007. 168 с.
6. Гридин В.Г., Ефимов В.И. Производство и окружающая среда. М.: МГГУ, 2007. 163 с.
7. Государственно-частное партнерство – путь к решению инновационных задач перевода систем шахтного водоотлива на использование композитных материалов / В.И. Ефимов, Д.В. Коновалов, С.М. Попов, П.М. Федяев // 2014. №11. С. 71-76
8. Ефимов В.И., Рыбак Л.В. Производство и окружающая среда. М.: МГГУ, 2012. 301 с.
9. Ефимов В.И. Управление качеством. М.: МГГУ, 2014. 382 с
10. Ефимов В.И., Рыбак Л.В. Управление персоналом. М.: МГГУ, 2009. 301 с.
11. Мясков А.В., Петров И.В., Савон Д.Ю., Стоянова И.А., Умнов В.А. Производство и охрана окружающей среды: экологический, экономи-

ческий и правовой аспект/ В.И. Ефимов [и др.]// Учебное пособие. Москва, 2011.

12. О подходах к нормативно-правовому обеспечению регулирования использования природно-ресурсного потенциала в связи с утилизацией отходов горного производства в условиях кризиса/ С.М. Попов, В.Ю. Каплунов, Н.В. Пальянова, Б.В. Боравский // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. Т. 6. № 12. С. 339-342.

13. Myaskov A.V. Popov S.M. Efimov V.I. The methodological principles of the organization of public-private partnerships for innovation development of mining. Enterprises in the economic crisis // *Miner's Week - 2015 Reports of the XXIII International scientific symposium*. 2015. С. 178-184.

14. Efimov V.I. Justification of the use of polymer composite materials for systems of mine water outflow // *Miners Week - 2015. Reports of the XXIII International scientific symposium*. 2015. С. 233-239.

15. Ефимов В.И., Попов С.М., Федяев П.М. Методические основы организации привлечения инноваций для решения эколого-экономических задач в современных условиях // Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве. сборник трудов Международной научно-практической конференции. Прокопьевск, 2015. С. 120-122.

*Ефимов Виктор Иванович, д-р техн. наук, проф., [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Россия, Москва, НИТУ «МИСиС»,*

*Попов Сергей Михайлович, д-р экон. наук, проф., [s.popov@inbox.ru](mailto:s.popov@inbox.ru), Россия, Москва, НИТУ «МИСиС»,*

*Федяев Павел Михайлович, депутат, [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Россия, Москва. Государственная Дума VI созыва*

# *SOLUTIONS TO THE PROBLEMS OF INTERACTION BETWEEN THE STATE AND THE MINING BUSINESS IN INTRODUCTION OF INNOVATIVE ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES IN CRISIS CONDITIONS*

*V. Efimov, S. Popov, P. Fedyaev*

*For the implementation of the innovative development of mining industries in the economic crisis it is necessary to identify "bottlenecks" in the system of economic and legal relations between the miners and the state, not allowing to implement effective innovation environmental projects in the current conditions.*

*To uncover such "bottlenecks" places the mechanism of the selection of tools of public-private partnership characterized by comprehensive consideration of the conditions affecting the availability and effectiveness of their use for a specific mining company.*

*Key words. Methodological foundations; the organization of public-private partnerships; innovative development of mining enterprises in conditions of economic crisis; environmental projects.*

*Efimov Viktor Ivanovich, Doctor of Sciences, Full Professor, [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Russia, Moscow, National Research Technological University "MIiSIS",*

*Popov Sergei Mihailovich, Doctor of Sciences, Full Professor, [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Russia, Moscow, National Research Technological University "MIiSIS",*

*Fedyaev Pavel Mihailovich, Deputy, [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Russia, Moscow, State Duma*

#### Reference

1. Boldyrev A.A., Popov S.M. Metodicheskie osnovy reshenija jekologo-jekonomicheskikh zadach na primere predpriyatij centra Rossii. Gornyj zhurnal. 2007. №6. S. 29.
2. Jekonomika prirodnopol'zovanija/ N.M. Bodnaruk, A.A. Kobja-kov, L.V. Rybak, S.M. Popov, I.A. Stojanova// Uchebnoe posobie. Moskva, 2010.
3. Jekologija. Priroda i obshhestvo voprosy regulirovanija/ V.G. Gridin [i dr.]// Uchebnik. M., izd. ООО «TID «Student», 2011. 255 s.
4. Jekonomika, organizacija, upravlenie prirodnymi i tehno-gennymi resursami / V.G. Gridin [i dr.]// M., «Gornaja kniga», 2012. 752 s.
5. Gridin V.G., Efimov V.I. 40 voprosov po jekologii. M.: MGGU, 2007. 168 s.
6. Gridin V.G., Efimov V.I. Proizvodstvo i okruzhajushhaja sre-da. M.: MGGU, 2007. 163 s.
7. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo – put' k resheniju inno-vacionnyh zadach perevoda sistem shahtnogo vodootliva na ispol'zova-nie kompozitnyh materialov / V.I. Efimov, D.V. Konovalov, S.M. Po-pov, P.M. Fedjaev // 2014. №11. S. 71-76
8. Efimov V.I., Rybak L.V. Proizvodstvo i okruzhajushhaja sreda. M.: MGGU, 2012. 301 s.
9. Efimov V.I. Upravlenie kachestvom. M.: MGGU, 2014. 382 s
10. Efimov V.I., Rybak L.V. Upravlenie personalomju. M.: MGGU, 2009. 301 s.
11. Mjaskov A.V., Petrov I.V., Savon D.Ju., Stojanova I.A., Umnov V.A. Proizvodstvo i ohrana okruzhajushhej sredy: jekologicheskij, jeko-nomicheskij i pravovoj aspekt/ V.I. Efimov [i dr.]// Uchebnoe posobie. Moskva, 2011.
12. O podhodah k normativno-pravovomu obespecheniju reguliro-vanija ispol'zovanija prirodno-resursnogo potenciala v svjazi s utili-zaciej othodov gornogo proizvodstva v uslovijah krizisa/ S.M. Popov, V.Ju. Kaplunov, N.V. Pal'janova, B.V. Boravskij // Gornyj informaci-onno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2009. T. 6. № 12. S. 339-342.
13. Myaskov A.V. Popov S.M. Efimov V.I. The methodological principles of the organization of publicprivate. partnerships for innovation development of mining. Enterprises in the economic crisis / V sbornike: Miner's Week - 2015 Reports of the XXIII International scientific symposi-um. 2015. S. 178-184.
14. Efimov V.I. Justification of the use of polymer composite materi-als for systems of mine water outflow / V sbornike: Miners Week - 2015. Reports of the XXIII International scientific symposium. 2015. S. 233-239.
15. Efimov V.I., Popov S.M., Fedjaev P.M. Metodicheskie osnovy organizacii priv-lechenija innovacij dlja reshenija jekologo-jekonomicheskikh zadach v sovremennyh uslovijah

/ V sbornike: Povyshenie kachestva obrazovaniya, sovremennye innovacii v nauke i proizvodstve. Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Prokop'evsk, 2015. S. 120-122.

УДК 504.4 (07)

## **АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

С.А. Куролап, Н.В. Яковенко, И.В. Комов

*Наблюдается интенсивное развитие технологий мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений. Весьма эффективно подобные задачи решаются в среде геоинформационных систем (ГИС). В статье представлен разработанный авторами алгоритм оценки вероятности развития опасных природных явлений в Воронежской области на основе использования информационных технологий. Для региона опасные природные явления выступают немаловажным фактором социально-экологического благополучия населения. И в этом ракурсе решение проблемы оценки влияния опасных природных явлений на населения является востребованным и актуальным.*

*Ключевые слова: опасные природные явления, мониторинг, геоинформационные системы, база данных.*

### **Введение**

Опасные природные явления (ОПЯ) представляют собой один из основных источников чрезвычайных ситуаций природного характера. По мере развития современного общества опасность воздействия стихийных процессов и масштабы связанных с ними людских и материальных потерь увеличиваются. Это обусловлено рядом объективных причин. В частности увеличением численности населения, когда человеку приходится осваивать новые территории, где природные условия и процессы значительно менее благоприятны для жизнедеятельности, а также глобальным изменением климата, обуславливающим увеличение частоты и интенсивности многих стихийных процессов и опасных явлений в природной среде.

### **Основное изложение материала.**

Рост количества опасных природных явлений и их наиболее частое проявления на фоне расширения сферы техногенного освоения обуславливает значительное повышение вероятности того, что в зоне развития этих процессов окажутся территории, насыщенные сложными инженерными сооружениями. Особенно уязвимы в этом отношении города, где любое стихийное бедствие природного характера способно вызвать целую серию

техногенных аварий (пожаров, взрывов, выбросов химических веществ и т.д.). Результаты их воздействия снижают уровни экономического, социального и экологического потенциалов региона.

История развития земной цивилизации неразрывно связана со стихийными бедствиями и катастрофами. Одни из них были причиной заката цивилизации и государств, другие послужили толчком в развитии народов и регионов. Стихийные бедствия, вызванные опасными природными процессами, частота, масштабность и разрушительность которых значительно возросли в последние годы, представляют серьёзную угрозу для жизнедеятельности человека. Они не только наносят ущерб окружающей среде и экономике государства, но и нередко сопровождаются человеческими жертвами. На территории России, обладающей чрезвычайно большим разнообразием геологических, климатических и ландшафтных условий, встречается более 30 опасных природных явлений. Анализ тенденций развития основных природных опасностей и угроз, их прогноз на перспективу показывают, что на территории России в ближайшие годы будет сохраняться высокая степень риска возникновения крупномасштабных чрезвычайных ситуаций природного характера. Следует отметить, что общей характерной особенностью природных опасностей и угроз на современном этапе является их взаимосвязанный комплексный характер, выражающийся в том, что одно возникающее бедствие может вызывать целую цепочку других порою более катастрофических процессов.

В настоящее время существует множество в разной степени разработанных перечней и классификаций природных опасностей. Данные классификации, как правило, охватывают только отдельные группы опасностей: геологические, экологические, биологические, гидрометеорологические и др. Они строятся с учетом определенных признаков выделения: среда развития, генезис, механизмы развития опасных процессов, масштабы проявлений, характер воздействия и др. В целом опасные природные процессы и явления носят ярко выраженный геоэкологический характер, поскольку являются фактором развития не только природных, но природно-антропогенных систем [3, 5, 6, 9].

Классификации опасных природных процессов посвящено много работ. Практически все они опираются на генетические типы опасных природных процессов. А поскольку они построены на множестве частично независимых переменных, то результатом таких классификаций всегда является иерархия объектов. Значит, отображение явлений природы через классификацию можно рассматривать как метод исследований. А через созданные в классификации образы можно представить как дискретное, так и континуальное пространство, в данном случае – видов природной опасности. Разные сообщества людей относятся к одним и тем же природным явлениям по-разному, в зависимости от местных (географических) условий.

При этом руководящим импульсом территориального развития является не инстинкт или разум, а нечто среднее – обычаи и традиции [7]. Именно они помогают многим этносам спокойно развиваться в условиях природной опасности, сознательно и планомерно жертвовать частью своего благосостояния, жизнью отдельных представителей, чтобы получить нечто большее, ценное для всего социума из того, что приносит с собой опасное природное явление [1].

Для каждого региона проявление опасных природных явлений (ОПЯ) имеет свои особенности. Являясь крупным территориальным образованием, Воронежская область обладает достаточно развитой производственной и социальной инфраструктурой, которая определяет социально-экономический потенциал региона. Лимитирующим фактором условий безопасности населения и эколого-экономического развития области является отдельное и комплексное проявление опасных явлений природного характера. Среди которых: весеннее половодье, сильные дожди и снегопады, природные пожары, сильные ветра, экстремальные значения температур воздуха, природно-очаговые заболевания и др. В связи с этим становится актуальным вопрос выявления закономерностей проявления опасных природных явлений и оценки их влияния на окружающую среду региона и жизнедеятельности населения.

И в этом случае ГИС-технологии могут выступить наиболее адекватным инструментарием в оценке развития опасных природных явлений на территории региона. Со второй половины 90-х г. XX в., в исследованиях по оценке проявления опасных природных явлений стали активно внедряться методы геоинформационных систем (ГИС). Они позволили расширить возможности использования географической информации. В общем виде современные ГИС представляют собой программно-аппаратный комплекс для сбора, проверки, хранения, интеграции, манипуляции, анализа и визуализации пространственной и связанной с ней атрибутивной информации, которая является неотъемлемой частью ландшафтно-географического исследования. Принципиальным отличием ГИС от всех других видов информационных технологий является возможность интеграции графической (цифровые карты) и атрибутивной информации (электронные таблицы). При этом все данные, введенные в ГИС, имеют географическую привязку к системе координат, что позволяет проводить весь спектр работ по анализу пространственного распространения показателей. В исследованиях по оценке опасных природных явлений ГИС позволяют эффективно создавать базы данных (представленные в объективной форме совокупности самостоятельных материалов, систематизированных таким образом, чтобы эти материалы могли быть найдены и обработаны с помощью компьютера) [2].

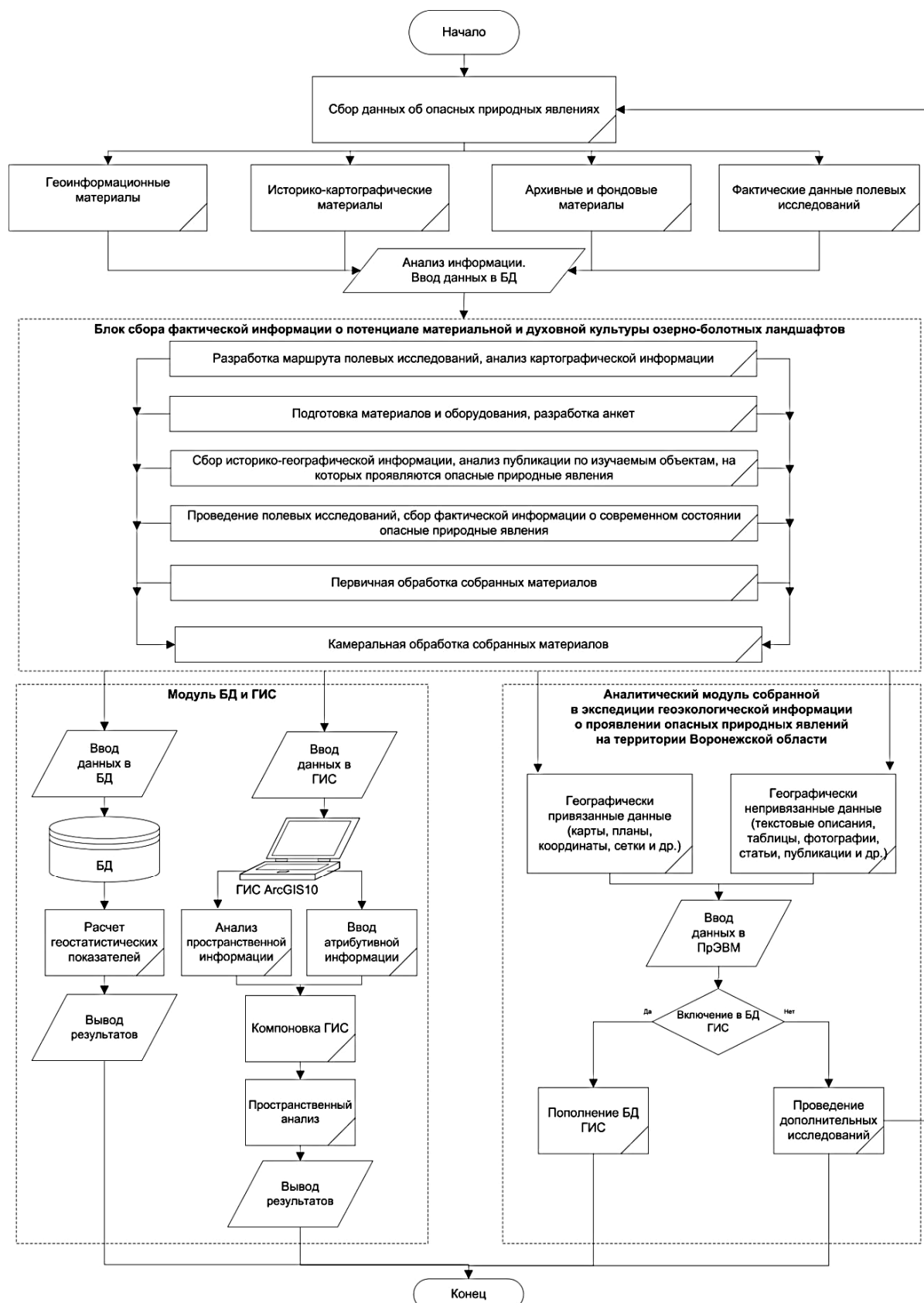
При проведении комплексных геоэкологических исследований по изучению опасных природных явлений серьезные затруднения возникают при поиске и интеграции разнородной тематической информации. Это обуславливает необходимость создания комплексных информационных систем. Ниже приводится разработанный авторами алгоритм оценки вероятности развития опасных природных явлений в Воронежской области на основе использования информационных технологий. На основе этого алгоритма авторами будут организованы полевые исследования по сбору и анализу информации об опасных природных явлениях (рисунок).

Решение указанных задач практически невозможно при использовании традиционных технологий. Получение картографических и статистических материалов высокого качества возможно только при использовании возможностей анализа данных, которые предоставляют современные геоинформационные системы, которые позволяют не только изготавливать картографические произведения, но и проводить практически весь спектр работ по анализу пространственного распределения статистических показателей. При этом если в некоторых регионах работа по составлению ГИС-проектов областного (республиканского) уровня находится в стадии пополнения (Москва, Санкт-Петербург, Чеченская республика, Калужская область, Тюменская область и др.), то в других она еще только начинается.

Понятно, что региональный уровень, на котором, собственно, принимаются конкретные управленческие решения, как правило, ГИС-проектами не обеспечен. Соответственно, накопленные исследователями материалы остаются не востребованными из-за слабой информационной обеспеченности заинтересованных учреждений и организаций [4, 8].

Заключение.

Создание тематической ГИС является основой региональной справочно-информационной системы, позволяющей получать доступ к краеведческой информации большому количеству пользователей. Необходимо отметить, что существующие на сегодня разработки ГИС, созданные для управления городским хозяйством, малопригодны для использования в краеведческих исследованиях. Связано это, прежде всего, с тем, что если они и существуют, то хранятся в администрациях муниципальных образований и имеют соответствующий гриф «для служебного использования», а получение доступа к ним заинтересованных лиц ограничено. Единственным решением данной проблемы является создание ГИС на основе топографических карт и данных дистанционного зондирования (космических снимков высокого разрешения), которые можно легально использовать для любых видов деятельности.



**Алгоритм оценки вероятности развития опасных природных явлений в Воронежской области на основе использования информационных технологий [10]**

Таким образом, в XXI в. человечество оказалось перед лицом глобальных угроз, среди которых наиболее сложной является стремительный рост числа и масштабов опасных природных явлений, а также материального и морального ущерба от них. И в этом случае разработанный алгоритм для анализа опасных процессов и явлений на основе разработанного алгоритма с использованием ГИС-технологий позволит:

организовать ведение мониторинга опасных процессов и явлений (в том числе аэрокосмического) за районами, где они протекают наиболее часто;

при проектировании и строительстве объектов инфраструктуры учитывать очаги ОППЯ и частоту их проявления для минимизации их негативных воздействий;

на основе полученного картографического материала провести подробное геоэкологическое районирование территории региона для минимизации рисков.

Пространственное распределение мест приложения и значений силы поражающих факторов можно имитировать с использованием цифровых моделей местности и статистических моделей источников опасности. Действие силы разрушения на элемент риска будет имитироваться с использованием функций уязвимости, определенных для каждого класса элементов риска методом анализа статистических данных.

Статья подготовлена в рамках гранта РФФИ № 16-45-360486 p\_a.

### Список литературы

1. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Природные и антропогенные экологические катастрофы: проблема риска // Известия РГО. 1998. Т. 130. Вып. 4. С. 1-9.
2. Комов И.В., Яковенко Н.В. Информационно-аналитическая компетентность как профессиональный компонент подготовки экологovinженеров в условиях педагогического ВУЗа// Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2016. № 1. С. 75-79.
3. Кропоткин М.П., Миронюк С.Г. Теория риска и проблема устойчивого развития общества // Проблемы региональной экологии. 1999. № 3. С. 96-101.
4. Марков Д.С., Туркина Е.П., Яковенко Н.В. ГИС-обеспечение создания природоохранной документации на озерно-болотные рекреационные ландшафты// Академический журнал Западной Сибири. 2014. №4(53). Т. 10. С. 48- 49.

5. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник РАН. 2001. № 4. С. 291- 302.
6. Рянский Ф.Н., Коркин С.Е., Аитов И.С. Анализ природных и антропогенных факторов возникновения чрезвычайных ситуаций. Нижневартовск: НГГУ, 2005. 98 с.
7. Шупер В.А. О природе импульсов территориального развития // Известия РАН. Серия географическая. 1998. № 4. С. 16-24.
8. Яковенко Н.В., Марков Д.С., Туркина Е.П. ГИС-технологии как эффективный инструмент исследования водно-озерных объектов// Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5; URL: [www.science-education.ru/119-15150](http://www.science-education.ru/119-15150) (дата обращения: 2.09.2016).
9. Posner R.A. Catastrophe: risk and response. Oxford: Oxford University Press, 2004. 332 p.
10. Yakovenko N.V, Markov D.S., Turkina E.P. The Experience of Creating the Geo Information Systems for Water-Lake Landscapes of the Ivanovo Region// Ecology, Environment and Conservation Paper. 2015. Vol. 21. P.111-119.

*Куrolap Семен Александрович, д-р географ. наук, проф., зав. кафедрой, skurolap@mail.ru, Россия, Воронеж, Воронежский государственный университет,*

*Яковенко Наталия Владимировна, д-р географ. наук, проф., зав. кафедрой, n.v.yakovenko71@gmail.com, Россия, Воронеж, Воронежский государственный университет,*

*Комов Игорь Владимирович, канд. географ. наук, доц., igrkom@bk.ru, Россия, Воронеж, Воронежский государственный университет*

# ALGORITHM FOR ESTIMATING THE PROBABILITY OF NATURAL HAZARDS IN THE VORONEZH REGION ON THE BASIS OF THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES

*S.A. Kurolap, N.V.Yakovenko, I.V.Komov*

*At the present time, there is an intensive development of technologies for monitoring and prediction of natural hazards. These problems are solved effectively in the field of geographic information systems (GIS). In the article the authors developed an algorithm estimating the probability of natural hazards in the Voronezh region on the basis of the use of information technologies. The natural hazards are the important factor of social and ecological well-being of the population in the region. And in this perspective, solution of the problem of assessment of the natural hazards impact on population is needed and important.*

*Key words: Natural hazards; monitoring; geoinformation systems; database.*

*Kurolap Semen Aleksandrovich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of Department, skurolap@mail.ru, Russia, Voronezh, Voronezh State University,*

*Yakovenko Nataliya Vladimirovna, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of Department, n.v.yakovenko71@gmail.com, Russia, Voronezh, Voronezh State University,*

*Komov Igor Vladimirovich, candidate of Geographical Sciences, Associate professor, Igrkom@bk.ru, Russia, Voronezh, Voronezh State University*

#### Reference

1. Grigor'ev A.A., Kondrat'ev K.Ja. Prirodnye i antropogennye jekologicheskie katastrofy: problema riska //Izvestija RGO. 1998. T. 130. Vyp. 4. S. 1-9.
2. Komov I.V., Jakovenko N.V. Informacionno-analiticheskaja kompetentnost' kak professional'nyj komponent podgotovki jekologov-inzhenerov v uslovijah pedagogicheskogo VUZa// Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geografija. Geojekologija. 2016. № 1. S. 75-79.
3. Kropotkin M.P., Mironjuk S.G. Teorija riska i problema ustojchivogo razvitija obshhestva // Problemy regional'noj jekologii. 1999. № 3. S. 96-101.
4. Markov D.S., Turkina E.P., Jakovenko N.V. GIS-obespechenie sozdanija prirodoohrannoj dokumentacii na ozerno-bolotnye rekrea-cionnye landshafty// Akademicheskij zhurnal Zapadnoj Sibiri. 2014.№4(53). T. 10. S. 48- 49.
5. Osipov V.I. Prirodnye katastrofy na rubezhe XXI veka //Vestnik RAN. 2001. № 4. S. 291- 302.
6. Rjanskij F.N., Korkin S.E., Aitov I.S. Analiz prirodnyh i an-tropogennyh faktorov vzniknovenija chrezvychajnyh situacij. Nizhne-vartovsk: NGGU, 2005. 98 s.
7. Shuper V.A. O prirode impul'sov territorial'nogo razvitija // Izvestija RAN. Serija geograficheskaja. 1998. № 4. S. 16-24.
8. Jakovenko N.V., Markov D.S., Turkina E.P. GIS-tehnologii kak jeffektivnyj instrument issledovanija vodno-ozernyh ob#ektov// Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. № 5; URL: [www.science-education.ru/119-15150](http://www.science-education.ru/119-15150) (data obrashhenija: 2.09.2016).
9. Posner R.A. Catastrophe: risk and response. Oxford: Oxford Uni-versity Press, 2004. 332 p.
10. Yakovenko N.V, Markov D.S., Turkina E.P. The Experience of Creating the Geo Information Systems for Water-Lake Landscapes of the Ivanovo Region// Ecology, Environment and Conservation Paper. 2015. Vol. 21. P.111-119.

## ГЕОЭКОЛОГИЯ ПРИ СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ И ОБОГАЩЕНИЮ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ

М.Ю. Лискова

*Подземная разработка месторождений полезных ископаемых приводит к значительным нарушениям земной поверхности. Воздействие калийной промышленности на окружающую среду разнообразно и охватывает многие природные компоненты. В статье рассмотрены вопросы геоэкологии и способы размещения солеотвалов при современном строительстве предприятий по добыче и обогащению калийно-магниевых солей.*

*Ключевые слова: рудник, геоэкология, солеотвалы, шламохранилища, отвалы пустых пород.*

В настоящее время весьма интенсивно развивается горная промышленность и в частности калийная отрасль: доразведываются и прирезаются резервные участки, разведываются и осваиваются новые месторождения, разрабатываются новые лицензионные участки калийно-магниевых залежей. Крупнейшими по величине запасов калийными месторождениями являются Саскачеванский соленосный бассейн (Канада), месторождения калийных солей в Германии, Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей (Российская Федерация), Старобинское месторождение калийных солей (Республика Беларусь). Эти страны занимают лидирующие позиции среди экспортеров калийной продукции, значительно опережая другие страны [3]. Так же существуют калийные рудники и в других странах, например, в Узбекистане – Дехканабадский завод калийных удобрений. В перспективе наращивание мощностей в области производства калийных удобрений следует рассматривать за счет Гремячинского, Непско-го и Эльтонского (Российская Федерация), Петриковского (Республика Беларусь), Гарлыкского (Туркменистан) месторождений [3].

Одно из крупных калийных месторождений находится в Пермском крае – Верхнекамское месторождение калийных солей (ВКМКС). Согласно [1] на данном месторождении детально разведаны одиннадцать участков. Четыре из них расположены в центральной части месторождения (Соликамский, Ново-Соликамский, Половодовский, Боровский) и семь – в южной (Березниковский, Дурыманский, Балахонцевский, Быгельско-Троицкий, Талицкий, Палашерский, Усть-Яйвинский). Разработка запасов солей Верхнекамского месторождения ведется пятью рудниками: СКРУ-1 (Соликамский и Ново-Соликамский участки), СКРУ-2 (Соликамский и Ново-Соликамский участки), СКРУ-3 (Ново-Соликамский участок), БКПРУ-2

(Дурыманский участок) и БКПРУ-4 (Быгельско-Троицкий участок). Еще на четыре участка выданы лицензии с целью разведки и добычи калийно-магниевых солей: Усть-Яйвинский – ОАО «Уралкалий»; Талицкий – ООО «Верхнекамская калийная компания» («Акрон»), Палашерский с частью Балахонцевского участка – ООО «Усольский калийный комбинат» («Еврохим») и Половодовский – ООО «Камская горная компания» (ОАО «Уралкалий»).

Подземная разработка месторождений полезных ископаемых приводит к значительным нарушениям земной поверхности. Еще в 1978 году В.Н. Мосинец и М.В. Грязнов показали отрицательное влияние горнодобывающих предприятий на многие компоненты геологической среды. Изменение земной коры происходит как в процессе добычи полезного ископаемого, так и в результате процессов-следствий [4]. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых сопряжена с образованием на земной поверхности трещин, провалов и прогибов, заболачиванием местности, созданием отвалов пустых пород [3].

Воздействие калийной промышленности на окружающую среду разнообразно и охватывает многие природные компоненты. В случае затопления шахт катастрофические последствия, сопровождающиеся просадками и провалами, охватывают значительную территорию [6]. Основной спецификой калийного производства является накопление значительного количества отходов в шламохранилищах и солеотвалах с рассолосборниками. Отходы представлены легкорастворимыми компонентами (хлоридами калия, натрия и магния) и содержат большое количество микроэлементов (стронций, марганец, никель, кобальт, хром, цинк и др.), а также реагентов, используемых для обогащения полезных ископаемых.

В настоящее время на территории ВКМКС накоплено более 270 млн т галитовых отходов (рис. 1) и более 30 млн м<sup>3</sup> глинисто-солевых шламов [5].

Стоки и фильтрация из солеотвалов и шламохранилищ являются основными источниками загрязнения окружающей среды.

Добыча и переработка руды на калийных предприятиях связана с образованием значительного количества пород-отходов. Например, на Верхнекамском месторождении калийных солей на каждую тону хлористого калия, получаемого в процессе переработки сильвинитовой и карналлитовой руды образуется 0,1 - 0,5 т глинисто-солевых шламов и 3,5 - 4,5 т (в зависимости от степени извлечения) твердых галитовых отходов (солеотходов). Образующиеся ежегодно на калийных предприятиях млн. т жидких и твердых отходов складываются на дневной поверхности в солеотвалы и рассоло-шламохранилища соответственно [2].

Размещение солеотвалов и шламохранилищ на поверхности оказывает негативное влияние на окружающую среду:

1. Для их размещения занимаются значительные земельные ресурсы – суммарные площади солеотвалов и шламохранилищ составляют более 1000 га, а с учетом перспективного развития калийного производства могут достигнуть 2-3 тыс. га [9].



***Рис. 1. Солеотвал на территории Верхнекамского месторождения калийных солей***

2. Объекты отвально-шламового хозяйства являются постоянным источником загрязнения гидросферы – открытый сброс промстоков в поверхностную гидросеть и фильтрация рассолов в грунтовые воды привели к формированию обширных ореолов засоления гидросферы, создающих угрозу источникам хозяйственно-бытового водоснабжения. Согласно данных [9] объекты отвально-шламового хозяйства БКРУ-3 являются источниками загрязнения рек Волим и Ленва. В северном направлении от шламонакопителя сформировался ореол засоления подземных вод шириной до 2,5 км. Промплощадка и солеотвал БКПРУ-4 формируют ореол засоления протяженностью около 1 км и шириной до 1,5 км, вытянутый в направлении реки Быгель, в которой также наблюдается постоянное сверхнормативное содержание хлоридов (0,2-2,0 г/л).

3. Со временем около накопителей отходов калийного производства формируются ореолы засоления почв, подземных и поверхностных вод. Их

размеры и форма во многом определяются скоростью и направлением поверхностного и подземного стоков.

Широкое распространение среди населения мнения о неизбежности таких последствий производственной деятельности предприятий по добыче и обогащению калийных руд, вызывает серьезную озабоченность общественности особенно в районах проживания на территориях, где раньше не производилось освоение новых калийно-магниевых месторождений. Например, предположение появления поверхностных отвалов пустых пород и отходов обогащения при освоении Нивенского месторождения и обеспокоенность местного населения этим, привело к публикации статьи на сайте [7] под названием «В наш дом стучится большая опасность!». Вот небольшая цитата из статьи: «Всего в 6-ти километрах от Калининграда, в посёлке Нивенское начаты подготовительные работы по освоению месторождения калийных солей. Сотни тысяч тонн химических отходов, получаемых при добыче и переработке, грозят возможной экологической катастрофой нашей области» [7].

Тем не менее, негативных последствий вполне можно избежать или минимизировать и целый ряд разработок направлен на совершенствование методов подземного складирования отходов калийной промышленности, как твердых галитовых, так и жидких глинисто-солевых [12; 13], а также токсичных отходов других производств [14]. Ведутся работы в направлении совершенствования способов отвалообразования отходов калийного производства [15; 16; 19; 20], сокращения площадей, занимаемых хранилищами отходов, одновременного складирования жидких и твердых отходов на одной площадке [17; 18]. Также НИИ ОАО «Белгорхимпром» (г. Минск, Беларусь) установлена возможность использования отработанных шламохранилищ в качестве основания расширяемых солеотвалов, что позволяет значительно сократить площади, занимаемые отходами калийного производства, и снизить затраты на создание противофильтрационного экрана в их основании. Специалистами разработана также технология совместного складирования галитовых и шламовых отходов, позволяющая исключать строительство шламохранилищ, и сокращает площади сельхозугодий, отводимые под хвостовое хозяйство. При совместном складировании отходов содержание глинистых шламов до 25 % не вызывает существенного изменения показателей общей прочности смеси, а по сравнению со свежими чистыми галитами даже несколько ее повышает.

Разработана технология регенерации отработанных шламохранилищ, которая дает возможность неоднократно использовать построенные емкости для складирования шламовых отходов. Наиболее предпочтительным, с точки зрения использования шламовых отходов как источника полезного продукта КСІ и микроэлементов, является производство новых

форм удобрений и мелиорантов, которые прошли успешные испытания в сельском хозяйстве.

Внедрение новых технологических схем складирования отходов на РУП ПО «Беларуськалий» разработанных НИИ ОАО «Белгорхимпром» и использование отходов калийного производства в народном хозяйстве, позволяет на 30–40 % сократить изъятие плодородных земель под складирование отходов калийного производства. Почти в два раза уменьшить объем образования избыточных рассолов в районе размещения отходов обогащения калийных руд, тем самым существенно снизить экологический риск в Солигорском горнопромышленном районе [8].

При проектировании предприятий по добыче и обогащению калийных руд, кроме учета перечисленных научно-исследовательских разработок, возможна разработка технических решений, позволяющих практически полностью утилизировать вскрышные и вмещающие породы при проходке стволов. Возможно размещение пустых (вскрышных и вмещающих, в том числе засоленных) пород в отработанных карьерах общераспространенных полезных ископаемых строительных материалов, торфяных разработках и полигонах твердых бытовых отходов (ТБО) с целью восстановления хозяйственной ценности нарушенных земель (рекультивация) или создания таких земель за счет ландшафтных преобразований рельефа местности.

В настоящее время очень часто карьеры по добыче строительных материалов располагаются в городской черте, на окраинах поселков, что серьезным образом сказывается на их экологии. Много мелких карьеров (несколько сотен) находится в сельской местности. Практически каждое крупное сельское предприятие имеет свой карьер площадью 1-10 га, где добываются щебень, песок, глина, известняк для местных нужд.

На территории России находится большое количество торфяных месторождений и большое количество полигонов, которые являются переполненными или срок эксплуатации которых истек. Данные территории оказывают негативное воздействие на компоненты окружающей среды, поэтому необходимо их обезвреживание и возврат в нормативное состояние. Также сейчас при рекультивации как полигонов ТБО, так и карьеров, изымается большое количество природного грунта для изготовления рекультивационных смесей.

С целью оценки возможности использования вскрышных и вмещающих пород при рекультивации отработанных карьеров путем засыпки и планировки горных выработок вплоть до восстановления ландшафта в целом, необходимо исследовать на пригодность образцы вскрышных и вмещающих пород, извлеченных, например, при проходке стволов. Данные исследования проводят специализированные организации, например, в аналитико-технологическом сертификационном испытательном Центре

(АТСИЦ) ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» и ИЛ «МинАналит», которые являются базовыми лабораторными Центрами Роснедра и имеют все необходимые аттестаты, свидетельства и лицензии, подтверждающие их техническую компетентность.

В частности, такие исследования провели по керну контрольно-стволовой скважины клетевого ствола Нивенского рудника в Калининградской области. На основании исследований было сделано заключение, в котором установлено, что в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.1.03-86 «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель», по содержанию токсичных солей практически все исследуемые образцы горных пород относятся к пригодным и малопригодным вскрышным и вмещающим породам для биологической рекультивации земель и не содержат токсичные соединения в концентрациях, опасных для жизни человека и окружающей среды. Значения удельной активности природных радионуклидов, для всех исследуемых образцов горных пород, не превышают регламентируемые Нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009) и СанПиН 2.6.1.2523-09 параметры для минерального сырья. Кроме того, малопригодные для биологической рекультивации породы, содержащие легкорастворимые соли, гипс, карбонаты, могут быть также использованы для биологической рекультивации после улучшения химических свойств пород или специальных агротехнических мероприятий, в том числе разубоживание или перемешивание с вскрышными породами средней и верхней части разреза структурной (контрольно-стволовой) скважины.

Отдельно следует отметить некоторые положения и требования нормативных актов РФ, в том числе:

1) в соответствии с «Федеральным классификационным каталогом отходов» (ФККО-2014), грунтам, вскрышным и вмещающим породам присвоены следующие коды и наименование (в редакции Приказа Росприроднадзора от 28.04.2015 № 360):

- 8 11 100 01 49 5 Грунт, образовавшийся при проведении земляных работ, не загрязненный опасными веществами;

- 2 92 100 01 20 5 Вскрышная пустая порода при проходке стволов шахт добычи калийных солей;

- 2 92 100 02 20 5 Вскрышная засоленная порода при проходке стволов шахт добычи калийных солей, где последняя цифра (5) - V класс опасности для окружающей природной среды - практически неопасные;

2) в соответствии со ст.18 Федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», в лимиты на размещение отходов не включаются вскрышные и вмещающие горные породы, используемые при ликвидации горных выработок в соответствии с проектом их ликвидации;

3) в соответствии с СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30 апреля 2003 г.), без ограничения в количестве на полигоны ТБО принимаются и используются в качестве изолирующего промежуточного слоя промышленные отходы IV класса опасности, имеющие однородную структуру с размером фракций менее 250 мм при условии сохранения в фильтрате уровня биохимического потребления кислорода (БПК<sub>20</sub>) на уровне 100-500 мг/л, ХПК - не более 300 мг/л. Промышленные отходы, допускаемые для совместного складирования с ТБО, должны отвечать следующим технологическим требованиям - не быть взрывоопасными, самовозгораемыми и с влажностью не более 85 %.

Как видно из вышеизложенного, при комплексном подходе к решению геоэкологических задач при освоении как действующих, так и новых месторождений, нормативная база РФ и соответствующие инициативы недропользователя позволяют использовать вскрышные и вмещающие породы от проходки стволов в комплексе работ по восстановлению нарушенных хозяйственной деятельностью земель в районах открытых горных разработок общераспространенных строительных материалов, либо на полигонах ТБО, либо в процессе ландшафтных преобразований территорий.

Конкретным примером комплексного подхода к освоению лицензионного участка Нивенский-1 месторождения калийно-магниевых солей в Калининградской области, является полное исключение образования отходов вскрышных и вмещающих пород при проходке и строительстве стволов (в сумме около 160 тыс. м<sup>3</sup> при глубине выработок 1130 м), в перспективе от проходки горно-капитальных выработок, что реализуется посредством размещения или утилизации указанных пород:

1) в основании площадок строительства собственных вспомогательных объектов, а именно в котлованах, образованных вследствие удаления с площадки их строительства озерно-болотных отложений, представленных торфами и торфованными илами, которые не могут служить основанием зданий и сооружений;

2) на полигонах ТБО Калининградской области;

3) при рекультивации карьеров добычи общераспространенных ПИ строительных материалов в Калининградской области;

4) в коммунально-хозяйственных целях в виде поставок технической соли.

В дальнейшем, глинисто-солевые шламы и галитовые отходы, образующиеся в процессе обогащения и производства минеральных удобрений, полностью направляются в рудник с целью обратной закладки выработанного пространства.

Подобный комплексный поход в поиске решений, снижающих негативное воздействие производственной деятельности горно-обогатительных комбинатов на природные объекты и компоненты окружающей среды, среду обитания представителей флоры и фауны, а также исключая искажение эстетического вида ландшафтов прилегающих территорий, вполне мог быть реализован при освоении Гремячинского или Верхне-Камского месторождения калийных солей, где, например, только в Пермском крае выделяются 4 торфяно-болотных района: Верхне-Камский, Приуральский горный, Средне-Камский и Южный лесостепной. Торфяным справочником учитываются 874 месторождения, а сводный баланс торфа включает 543 месторождения.

Таким образом, проведенный анализ комплекса технических решений в направлении экологически безопасного освоения месторождений калийных солей (в части обращения с отходами в солеотвалах и шламохранилищах) показывает, что уже существует целый ряд разработок, направленный на совершенствование методов подземного складирования отходов калийной промышленности, которые позволяют сократить площади, занимаемых хранилищами отходов, а также методы одновременного складирования жидких и твердых отходов на одной площадке. Однако есть техническое решение, позволяющее практически полностью утилизировать вскрышные и вмещающие породы, которое описано выше. Данное решение уже закладывается в проектную документацию на освоение лицензионного участка Нивенское-1 месторождения калийно-магниевого солей в Калининградской области и в случае положительного заключения государственной экспертизы будет реализовано. Данный подход мог бы быть использован при освоении и других месторождений калийно-магниевого солей: Верхнекамского, Гремячинского и др.

### Список литературы

1. Соловьев В.А., Секунцов А.И. Разработка калийных месторождений: практикум. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. 265 с.
2. Комаров Ю.А. Обоснование технологии высотного складирования пород-отходов при разработке калийных месторождений. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2015. 152с.
3. Кологривко А.А. Снижение геоэкологических последствий при подземной разработке калийных месторождений. Вестник Полоцкого государственного университета. № 16, 2014. С.103-110.
4. Горбунов К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. Пермь, 1990. 44 с.

5. Бачурин В.А., Бабошко А.Ю. Эколого-геохимическая характеристика отходов калийного производства //Горный журнал. 2008. № 10. С. 88-91.
6. Максимович Н.Г., Первова М.С. Влияние перетоков минерализованных вод Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей на приповерхностную гидросферу. // Инженерные изыскания. 2012. № 1. С. 22-28. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2012/387.pdf>.
7. Проблема «В наш дом стучится большая опасность!» <http://www.rezonans39.ru/?menu=problem>.
8. Шишкова И.И. Геоэкологические проблемы освоения Старобинского месторождения калийных солей. Секция 18. Геоэкология, охрана и защита окружающей среды. С. 633-635
9. Бобошко А.Ю., Бачурин Б.А. Экологические проблемы верхнекамского калия. Горное эхо.
10. Лапинская В. О. Способы снижения засоления земель в районах разработки калийных месторождений. URL: [http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Other/2014/eko/SE\\_2014/pages/Articles/Lapinskaya.pdf](http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Other/2014/eko/SE_2014/pages/Articles/Lapinskaya.pdf).
11. Проблемы освоения крупнейших калийных месторождений мира. Современные проблемы науки и образования/ Е.Н. Батурин, Е.А. Меньшикова, С.М. Блинов, Д.Ю. Наумов, П.А. Белкин// 2012. № 6.
12. Нестеров М.П., Борзаковский Б.А. и др. Способ подготовки камер для подземного складирования солешламовых отходов: патент РФ № 2166096, 27.06.2001.
13. Никофоров В.Н., Кузнецов Ю.С. и др. Способ подземного складирования жидких отходов производств: патент РФ № 2128140, 27.03.1999.
14. Мараков В.Е., Нестеров М.П. и др. Способ создания подземных хранилищ токсичных отходов в соленосных породах: патент РФ № 2066770, 20.09.1996.
15. Березин А.Л., Борзаковский Б.А. и др. Способ отвалообразования отходов обогащения калийных руд на слабое основание: патент РФ № 2204717, 20.05.2003.
16. Юрченко О.Л., Махлянкин И.Б. и др. Способ отвалообразования отходов калийного производства: патент СССР № 1677319, 15.09.1991.
17. Борзаковский Б.А., Гринберг А.Я., и др. Способ размещения отходов обогатительных фабрик калийных комбинатов: патент РФ № 2402682, 27.10.2010.

18. Борзаковский Б.А., Коньшин А.А. и др. Способ размещения солеотвала и шламохранилища на одной площадке : патент РФ № 2316651, 10.02.2008.

19. Крайнев Б.А., Дьяков С.П., Шумахер А.И., Белкин В.В. Способ ликвидации солеотвалов на калийных рудниках: патент РФ № 2355887, 20.05.2009. Бюл. № 14.

20. Phinney R. Formulation of Potassium Sulfate, Sodium Carbonate and Sodium Bicarbonate from potash Brine. Patent WO 01/28925 A1, 26.04.2001.

*Лискова Мария Юрьевна, канд. техн. наук, доц. mary.18.02@mail.ru, Россия, Пермь, Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

*GEOECOLOGY WITH MODERN CONSTRUCTION ENTERPRISES  
ON EXTRACTION AND ENRICHMENT OF POTASSIUM AND MAGNESIUM SALTS*

*M.YU. Liskova*

*Underground development of mineral deposits leads to important disturbances on the earth's surface. The impact of the potash industry on the environment is diverse and covers many natural components. The article considers the issues of Geoecology and ways of placing the salt dumps in the modern building of the enterprises for extraction and enrichment of potassium-magnesium salts.*

*Keywords: mine, geo-ecology, salt dump, sludge, waste rock dumps.*

*Liskova Maria Yurevna, Candidate of Technical Science, Docent, mary.18.02@mail.ru, Russia, Perm, Perm National Research Polytechnic University*

Reference

1. Solov'ev V.A., Sekuncov A.I. Razrabotka kalijnyh mesto-rozhdenij: praktikum. Perm': Izd-vo Perm. nac. issled. politehn. un-ta, 2013. 265 c.
2. Komarov Ju.A. Obosnovanie tehnologii vysotnogo skladiro-vanija porod-othodov pri razrabotke kalijnyh mestorozhdenij. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kand. tehn. nauk. Sankt-Peterburg, 2015. 152s.
3. Kologrivko A.A. Snizhenie geojekologicheskikh posledstvij pri podzemnoj razrabotke kalijnyh mestorozhdenij. Vestnik Polocko-go gosudarstvennogo universiteta. № 16, 2014. S.103-110.
4. Gorbunov K.A., Maksimovich N.G., Andrejchuk V.N. Tehnogen-noe vozdejstvie na geologicheskiju sredu Permskoj oblasti. Perm', 1990. 44 s.
5. Bachurin V.A., Baboshko A.Ju. Jekologo-geohimicheskaja harakteristika ot-hodov kalijnogo proizvodstva //Gornyj zhurnal. 2008. № 10. S. 88-91.
6. Maksimovich N.G., Pervova M.S. Vlijanie peretokov minera-lizovannyh vod Verhnekamskogo mestorozhdenija kalijno-magnievyh solej na pripoverhnostnuju gidrosferu.

- // Inzhenernye izyskanija. 2012. № 1. S. 22-28. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2012/387.pdf>.
7. Problema «V nash dom stuchitsja bol'shaja opasnost'!» <http://www.rezonans39.ru/?menu=problem>.
8. Shishkova I.I. Geojekologicheskie problemy osvoenija Sta-robinskogo mestorozhdenija kalijnyh solej. Sekcija 18. Geojekologija, ohrana i zashhita okruzhajushhej sredy. S. 633-635
9. Boboshko A.Ju., Bachurin B.A. Jekologicheskie problemy verh-nekamskogo kalija. Gornoe jeha.
10. Lapinskaja V. O. Sposoby snizhenija zasolenija zemel' v rajo-nah razrabotki kalijnyh mestorozhdenij.URL: [http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Other/2014/eko/ SE\\_2014/pages/Articles/Lapinskaya.pdf](http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Other/2014/eko/ SE_2014/pages/Articles/Lapinskaya.pdf).
11. Problemy osvoenija krupnejshih kalijnyh mestorozhdenij mira. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija/ E.N. Batu-rin, E.A. Men'shikova, S.M. Blinov, D.Ju. Naumov, P.A. Belkin// 2012. № 6.
12. Nesterov M.P., Borzakovskij B.A. i dr. Sposob podgotovki kamer dlja podzemnogo skladirovanija soleshlamovyh othodov: patent RF № 2166096, 27.06.2001.
13. Nikoforov V.N., Kuznecov Ju.S. i dr. Sposob podzemnogo skladirovanija zhidkih othodov proizvodstv: patent RF № 2128140, 27.03.1999.
14. Marakov V.E., Nesterov M.P. i dr. Sposob sozdaniya podzem-nyh hranilishh toksichnyh othodov v solenosnyh porodah: patent RF № 2066770, 20.09.1996.
15. Berezin A.L., Borzakovskij B.A. i dr. Sposob otvaloobrazo-vanija othodov obogashhenija kalijnyh rud na slaboe osnovanie: patent RF № 2204717, 20.05.2003.
16. Jurchenko O.L., Mahljankin I.B. i dr. Sposob otvaloobrazo-vanija othodov kalijnogo proizvodstva: patent SSSR № 1677319, 15.09.1991.
17. Borzakovskij B.A., Grinberg A.Ja., i dr. Sposob razmeshhenija othodov obogatel'nyh fabrik kalijnyh kombinatov: patent RF № 2402682, 27.10.2010.
18. Borzakovskij B.A., Kon'shin A.A. i dr. Sposob razmeshhenija soleotvala i shlamohranilishha na odnoj ploshhadke : patent RF № 2316651, 10.02.2008.
19. Krajnev B.A., D'jakov S.P., Shumaher A.I., Belkin V.V. Spo-sob likvidacii soleotvalov na kalijnyh rudnikah: patent RF № 2355887, 20.05.2009. Bjul. № 14.
20. Phinney R. Formulation of Potassum Sulfate, Sodium Carbonate and Sodium Bicarbonate from potash Brine. Patent WO 01/28925 A1, 26.04.2001.

УДК 551.311.21 (574)

## ДЕТЕРМИНАНТЫ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

С.В. Пашков, М.М. Тайжанова

*В Северном Казахстане после начала целинной кампании и тотальной распашки земель, создания сети сельских поселений, строительства автодорог, промышленных объектов и гидротехнических сооружений, в районах нового освоения предсказуемо началось интенсивное оврагообразование, вызванное синергирующим влиянием естественных и антропогенных (агрогенных) факторов. В результате натурных обследований и пространственной дифференциации овражной сети выявлено, что наибольшее распространение в регионе получили овраги следующего генезиса: пахотных земель, населенных пунктов, дорожные и пасквальные.*

*Ключевые слова: овражная эрозия, оврагообразование, река Ишим, Северный Казахстан.*

Территория Северного Казахстана, находящаяся в лесостепной и степной зонах Казахстана, на протяжении столетий является ареной агрессивного сельскохозяйственного землепользования, что обусловлено относительно благоприятными климатическими условиями и наличием плодородных почв. Вместе с тем, физико-географические особенности территории таковы, что усиление антропогенного прессинга обуславливает развитие не благоприятных геоморфологических процессов и, в частности, возникновение водной эрозии.

Водная эрозия - один из наиболее интенсивных и широко распространенных экзогенных процессов, наносящий существенный ущерб почвенным ресурсам. При решении первоочередных задач рационального землепользования, охраны и воспроизводства почв, немаловажное значение приобретает защита земель от различных форм эрозии, в том числе - овражной.

Под оврагом мы понимаем линейную крутосклонную эрозионную форму, часто сильно разветвленную, созданную посредством деятельности временных потоков. Овраги подразделяются на две большие группы: склоновые (береговые) и донные. Склоновые (в основном, первичные) овраги прорезают уступы террас и крутые участки склонов долин рек, балок и суходолов, донные (вторичные) овраги, как правило, прорезают днища суходольно-балочной сети [6].

Изучению прогрессирующего характера овражной эрозии почв посвящены многочисленные фундаментальные труды советских и российских ученых: Ермолаева О.П. (2002), Зориной Е.Ф. (2003, 2006), Ковалева С.Н. (2011), Литвина Л.Ф. (2002), Путилова А.Ф. (2002), Рыжова Ю.В. (2015), Сурмач Т.П. (1976)[1,2,3,4,5,6,7,8] и др. Первые комплексные ис-

следования последствий целинной и залежной распашки, обследования очагов овражной эрозии на территории Северного Казахстана, начались в ходе работ Кустанайской (1956-1960 гг.) и Целинной (1962-1966 гг.) экспедиций географического факультета МГУ, маршруты которых охватили регион, как в меридиональном, так и широтном направлениях. В итоге, сочетание маршрутных исследований с ключевыми позволило выявить значительный объем поверхностного стока, широкое распространение процессов плоскостного смыва почв и интенсивное развитие оврагов, особенно на распаханых склоновых землях долин рек Ишими Тобол [9]. Основная масса работ по проблемам развития водной эрозии в Северном Казахстане пришлась на более поздний период, и охватывает этап наиболее масштабного распространения и интенсивного развития эрозионных процессов, спровоцированных целинной распашкой, включая результаты части полевых работ региональных ученых (Бараев, 2008; Копеев, Акшалов, Тлеуов, 1984; Гендельман, Лаврентьев, Паракшина, 1985; Копеев, 1987; Тайжанова, 1990) [10, 11, 12, 13, 14]. Публикации же пост советского периода носят, в основном, либо ретроспективный обзор собственных исследований, датированных 70-80-ми гг. прошлого века (Акшалов, Ержанов, Шарипова, 2006; Паракшина, 2010; Паракшина, Сапаров, Мирзакеев, 2010; Васильченко, 2013) [15, 16, 17, 18], либо представлены теоретическими аспектами изучения механизмов зарождения оврагов с позиции гидрофизики почв (Росновский, 2007; Методические рекомендации..., 2010) [19, 20].

Интенсивность овражной эрозии в Северо-Казахстанской области (СКО), располагающейся в лесостепной и умеренно-засушливо-степной зонах страны, зависит как от природных, так и антропогенных условий района, однако доминирующая роль принадлежит последним, в нашем случае – агрогенным факторам. Залповое сельскохозяйственное освоение района в ходе ряда аграрных реформ конца XIX – начала XX вв. и последующая тотальная распашка земель в 1954-1959 гг. привели к повсеместной замене природных экосистем агроландшафтами, и уже к 1959 г. доля пашни возросла до 70 % от площади районов. Совокупность естественных природных условий (почвы и растительный покров) если не препятствует, то значительно затрудняет развитие овражной эрозии. Однако значительное освоение территории под пашню, учитывая гривно-ложбинный характер рельефа, привело к тому, что главным рельефообразующим фактором стала деятельность периодических водотоков, возникновение и развитие которых провоцируют ливневый характер осадков и быстрое снеготаяние.

Аккумулятивный рельеф территории области характеризуется наличием большого количества западин, степных блюдечек, озер, отличающихся небольшой глубиной. Данные депрессии являются местными базами эрозии и стока поверхностных вод. Относительные высоты на Тобол-

Ишимском междуречье колеблются в пределах 10-20 м, а в долине Ишима – 50 м. На юге Северо-Казахской равнины, граничащей с Кокшетауской-возвышенностью, глубина расчленения рельефа составляет 20-50 м. Плоскоравнинное междуречье Ишима и Иртыша нарушается приуроченными к озерам понижениями и расположенным в средней части его Камышловским логом, превышение дна которого над водоразделом достигает 20 м.

При оценке степени развития эрозионных процессов и образования оврагов наибольшее значение имеют состав и возраст пород, мощность покровных отложений, размываемость их и характер отложений. При районировании территории СССР по размываемости покровных горных пород (эрозионной прочности), современная территория СКО была выделена авторами как район распространения лессов и лессовидных пород Западной Сибири [21], где диаметр нарушенной структуры (ДНС) составляет 0,65-0,75 м/с. Ниже их залегают до глубины эрозионного вреза озерно-аллювиальные отложения, преимущественно суглинистые, с ДНС 0,55-1,00 м/с. Экспериментальные исследования сопротивляемости пород размыву путем определения их эрозионной прочности показали размываемость суглинков – 0,4-1,0 м/с, у глины она колеблется от 1 до 2 м/с [22].

Как видим, в геологическом строении района преобладают молодые рыхлые отложения, распространенные повсеместно. По долине р. Ишим встречаются неогеновые породы, подверженные размыву, эрозии и оврагообразованию. Покровно залегающие четвертичные озерно-аллювиальные и лессовидные глинистые и песчаные осадки имеют рыхлую структуру и легко подвергаются размыву. Особенно легко размываются четвертичные супеси и лессовидные суглинки, покрывающие междуречья. В долинах, логах, на склонах озерных котловин характерны среднечетвертичные, местами неогеновые, озерно-аллювиальные пески и супеси, которые могут быть эродированы при минимальном количестве осадков. Таким образом, одним из важнейших природных факторов провоцирования овражной эрозии на территории СКО являются *свойства молодых рыхлых пород*, широко распространенных в регионе и легко подвергающихся размыву, дефляции, просадкам и т.д.

На рассматриваемой территории максимальный потенциал оврагообразования (предельно возможная заовраженность в количественном выражении) имеют наиболее крупные звенья эрозионной сети – склоны речных долин Ишима, Иманбурлука, Аканбурлука, Мальцевского, Александровского, Камышловского логов, Теренсая, Чудасая, Баганаты, многочисленных озерных котловин, Сергеевского водохранилища. Овраги, имеющие значительные параметры, развиты на большей части левобережной территории области, лишь на юго-западе они представлены несущественными как по длине, так и глубине формами, поскольку вскрываемые ими коренные породы палеозоя медленно поддаются действию водной

эрозии. Данные многочисленных натурных обследований показывают, что овраги области в основном молодые, растущие, и имеют, чаще всего, клиновидную форму, но бывают и плоскодонные с вертикальными стенками. В плане – самые разнообразные: прямолинейные, разветвленные с множеством от вершков, грушевидные. Длина их 200-500 м, у некоторых достигает 3000 м. Глубина – 5-10, реже – 15-20 м, ширина варьирует от 3-6 до 10-20 м. Склоны чаще всего крутые и обнаженные, на которых широко развиты оползневые и обвально-осыпные процессы по трещинам отрыва. Дно узкое, иногда более или менее плоское, сложено пролювиальными осадками и загромождено обвальным материалом. Для них характерен вершинный перепад (0,8-2) с водобойным колодцем. Вершины их округлой формы в плане, диаметром 3-7 м, что связано с лессовидными суглинками, дающими столь значительные просадки. Водосборы сильно распахан, либо представляют кюветы дорог, реже – используются под пастбища.

Большинство оврагов имеют боковые отвершки, некоторые из них, наиболее крупные, в долине р. Ишим, вскрывают континентальные отложения палеогенового, но чаще всего, неогенового возрастов, в районах г. Петропавловска, сел Александровка, Покровка, Явленка, Соколовка и др. В южных районах они распространены в более древних породах и врезаются в толщу крупнообломочного материала, чередующегося с суглинком. В основном, преобладают короткие овраги, длиной 10-20 м, глубиной 0,5-2 м. Вершины их в плане овальные, ширина которых составляет 2-6 м при высоте вершинного перепада 0,8-2 м.

Наиболее изученным во времени и пространстве, путем многолетних натурных наблюдений, является овраг, завершивший регрессивное развитие и переходящий в балочную стадию в устьевой части, со сформированными склонами и морфологическим обликом, расположенный на окраине Рабочего поселка г. Петропавловска (рис. 1).



**Рис. 1. Овраг в Рабочем поселке г. Петропавловска**

Его протяженность составляет 3440 м, ширина 15-20 м, глубина – 5-15 м. Многочисленные от вершки его своими вершинами врезаются в улицы города (Караванная и О. Кошевого), а крутой осыпной правый склон вплотную приблизился к жилым строениям. Для левого, частично задернованного, склона характерны оползни. В настоящее время данный овраг растет лишь боковыми отвершками, анализ крупномасштабных карт города показал, что прирост его длины за 1929-2015 гг. составил лишь 132 м. Он расчленяет поверхность Ишим-Иртышской междуречной равнины, выходя устьем на вторую надпойменную террасу Ишима.

Широко распространенные по всей долине р. Ишим, овраги встречаются во всех стадиях развития, начиная от промоин и заканчивая балками. Промоины обычно незначительных размеров: длина их 10-20 м, глубина 0,1-0,3 м, ширина 0,1-0,5 м, появляются на поверхности террас и прилегающей междуречной равнины. Следует отметить их быстрый переход в интенсивно растущие овраги, которые имеют уже довольно значительные параметры, а также крутые, обнаженные склоны с обвальными, осыпными и оползневыми процессами. Рост их в длину осуществляется за счет отступления вершинного перепада с водобойным колодцем. Балки же обычно хорошо задернованы, склон северной экспозиции и днище – травяной растительностью, южной – древесно-кустарниковой.

Склонам Сергеевского водохранилища характерны многочисленные овражные формы, которые при совокупном воздействии с абразией и гравитационными процессами разрушают их. Длина их не превышает 100 м, ширина – 10 м, а глубина – 5 м. Это молодые овраги, возникающие в результате использования водоохранной зоны для выпаса скота. «Козьи тропы» в днищах балок благоприятствуют концентрации поверхностного стока, приводящего к вторичному размыву и образованию донных оврагов, массово возникающих на левом склоне водохранилища в 1,5-2 км южнее сел Баганаты и Коноваловка. Овраги на данной территории размывают кюветы и склоны дорожного полотна трассы Петропавловск-Костанай. Овраги, растущие вдоль кюветов, как правило, наследуют их форму, обычно небольшой длины (40-100 м), ширины (1-3 м) и глубины (0,5-0,8 м). Склоны пологие, дно плоское, сложенное пролювиальными осадками. Но чаще всего размывают они склоны дорожного полотна, подходя к ним своими вершинами перпендикулярно.

Овражные формы рельефа развиты у многих озер (Менкесер, Становое, Как и др.), водосборы которых используются под пастбища. В подавляющем большинстве случаев – это промоины, унаследовано растущие по «козьим тропам», скотопрогонным трактам, и нередко переходящие в овраги со средней скоростью роста 2-4 м/год.

Для всех обследованных нами оврагов характерны признаки интенсивного роста: расширенные в плане очертания вершины, нависание вер-

шинного перепада, свежие обвальные, осыпные и прочие нагромождения на дне с кусками сохранившегося дернового слоя. Полевые наблюдения показывают, что промоины, возникшие на склонах долины р. Ишим, в районе учебно-производственного комплекса «Мирас», в течение четырех лет (2011-2015 гг.) превратились в короткие, интенсивно растущие овраги с вершинами округлой формы, диаметром 1,5-3 м и высотой перепада 1-2 м, со средней скоростью роста в 2-4 м/год.

По происхождению овраги СКО подразделяются на естественные и ускоренные. Овраги первого типа возникают независимо от антропогенного фактора и в большинстве своем наблюдаются на склонах речных долин Ишима и его притоков, Александровского и Мальцевского логов, грив, бессточных котловин и озер. Они имеют в длину 100-300 м, иногда до 3000 м, ширина их достигает 10-20 м, глубина – 5-10 м. Склоны этих оврагов отвесные и обнаженные, поперечный профиль - ущелье видный. Образованию естественных оврагов у озер левобережной части (Менкесер, Становое, Улькен Каракамыс, Тахтаколь и др.) способствуют неширокие полосы солончаков вдоль берегов не только соленых, но и пресных, отделенные от выше лежащей части склона небольшим уступом в 20-40 см высотой. Поверхностные воды во время дождя или таяния снега, стекая с задернованной поверхности и достигая этой полосы, начинают ее размывать, образуя мелкие борозды, длиной 20-60 см, глубиной 3-10 см; местами они переходят в промоины и овраги. Естественные овраги оказывают свое разрушительное действие на берега Сергеевского водохранилища. Существующая предпосылка для их возникновения – ложбинно-балочная сеть, поверхностный сток по которой поступает в водохранилище с крутого уступа, благоприятствуя развития здесь оврагов. Кроме того, овражная эрозия сопровождается абразией (волновой, ледовой, термической), дефляцией, выветриванием, гравитационными процессами. Участок левого обрывистого (высотой 2-10 м) склона между селами Коноваловка и Баганаты интенсивно расчленен оврагами, с отвесными и обвально-осыпными склонами, незначительными по длине (20-50 м) и ширине (4-8 м), малой глубины – до 2 м, т.е. некоторые из них являются «висячими». Характерная особенность данных оврагов – водобойный колодец, представляющий огромную нишу диаметром 2-4 м, у основания склона сложенного рыхлыми отложениями. В юго-восточной части водохранилища, у села Социал, где близко к поверхности залегают коренные породы, молодые овраги прорезают устья задернованных балок. Поскольку литология в этом районе представлена равномерным чередованием крупнообломочного материала с суглинком, дно оврагов заложено неправильной формы обломками, диаметром 10-50 см. Развитию этого типа оврагов способствуют просадочные процессы в лессовидных суглинках или суффозионные явления.

Образование естественных оврагов обусловлено специфическими природными условиями изучаемой территории и, прежде всего, широким распространением легкоразмываемых покровных отложений, интенсивным снеготаянием и ливневыми осадками.

Ускоренные овраги своим происхождением обязаны исключительно хозяйственной деятельности человека, в нашем случае причиной явились «волны» сельскохозяйственного освоения территории с сопутствующим появлением сельских населенных пунктов, строительством дорог, промышленных объектов, гидротехнических сооружений, сопровождавшееся повсеместной заменой естественной растительности производной, разрушением структуры почв и поверхности грунта, которая, взаимодействуя с геолого-геоморфологическими и гидрометеорологическими факторами данного района, привела к развитию антропогенной овражной эрозии. В результате натурных обследований и типологического районирования к данному типу мы отнесли овраги пахотных земель, населенных пунктов, дорожные и пасквальные.

*Овраги пахотных земель.* Распашка территории с уничтожением естественного растительного покрова и коренным изменением эрозионно-денудационных процессов в настоящее время является главным антропогенным фактором, провоцирующим развитие эрозионных процессов в СКО. Область является наиболее распаханной в республике (43 % от площади региона), доля пашни от площади районов колеблется от 15 % в Уалихановском до 67 % в районе Габита Мусрепова с традиционным преобладанием монокультурного земледелия. В результате распашки больших площадей полностью уничтожена лугово-степная растительность с одновременным созданием сети искусственных рубежей, концентрирующих стоки. Это обусловило, с одной стороны, уменьшение противоэрозионной стойкости незащищенной растительностью поверхности, с другой – резкое увеличение глубины и скорости микроручейковых потоков и, как следствие, их размывающей способности.

Инсулярные геосистемы области, представленные гривами (гряды с высотами, варьирующими в пределах 3-15 м, длина их колеблется в интервале 2-14 км при ширине 500-1500 м; вершины гряд выпуклы, слабовыпуклы, без четко выраженного гребня), отличаются низкой степенью устойчивости к внешним воздействиям вследствие изолированности их местоположения и уникальности строения на фоне окружающих ландшафтов. Так, незадернованные, лучше прогреваемые и быстро высыхающие в весеннее время почвы вершин и склонов гряд, сложенные более легким материалом (песками, супесями, легкими и средними суглинками) по сравнению с остальной территорией – безгрядными участками, межгрядьями, озерными котловинами – особенно подвержены оврагообразованию.

Помимо потерь площади за счет образования самих оврагов, ущерб агросфере наносят потери пахотных земель, которые могут быть подвергнуты обработке техническими средствами, из-за развивающихся на полях линейных врезов, по размеру почти в три раза превышающих площади самих оврагов [2].

Непрерывное возделывание зерновых культур предопределяет тотальную перестройку режима водосбора и изменение связанных с ним геохимических процессов. Культурная растительность (прежде всего, зерновые) по проективному покрытию, корневым характеристикам и ввиду отсутствия дернины намного уступает по защитным свойствам естественному травяному покрову. Кроме этого, в результате обработок происходит разрушение сложившейся естественной скважности почв, снижение количества микро- и макроагрегатов, что вызывает снижение водопоглотительной способности и водопроницаемости [6]. Все это приводит к резкому увеличению поверхностного стока талых и ливневых вод. В северной (лесостепной) части области распаханности оказались 40-45 % территории с уклоном местности 1-5°, с наибольшей долей Мамлютского района. Первые очаги овражной эрозии начали фиксироваться вскоре после распахивания целинных земель в 1956-57 гг. на территории современных Жамбылского, Кызылжарского и М. Жумабаева районов. В результате бессистемного использования земель в отдельные годы теряется до 60-70 % талой воды, смывается до 6-7 тонн почвы с одного гектара в весенний период снеготаяния [20].

Применение даже минимальной обработки на карбонатных черноземах и темно-каштановых почвах тяжелого механического состава, сводящегося к прямому посеву, приводит на 4-5-й год к значительному уплотнению почв уже с 10 см и распылению верхнего слоя, что в конечном итоге приводит к значительному проявлению водной эрозии на слабовыраженных склонах даже меньше 1°[18].

*Овраги населенных пунктов.* Наиболее изученными являются овраги в пределах областного центра, г. Петропавловска: 36 – значительных размеров и порядка 50 – средних и малых. Возникновение их здесь объясняется расположением города на правом высоком берегу р. Ишим с абсолютной высотой – 135 метров и глубиной базиса эрозии – 45 метров, что и является определяющим фактором оврагообразования. Помимо этого, развитию здесь промоин, быстро превращавшихся в овраги, способствовало расположение дорог, тропинок и улиц вдоль склона долины, а также строительство домов и промышленных объектов безо всяких противоэрозионных мероприятий. Однако необходимо отметить, что рост ряда оврагов, существовавших в черте города в 30-60-ые гг. прошлого века, удалось остановить, во многом благодаря интенсивно проводимой фитомелиорации. Описание морфологии и морфометрии наиболее крупных оврагов города

было дано выше, скажем, лишь, что в последние годы, в связи с интенсивным строительством в г. Петропавловск (микрорайоны Береке, Шыгыс), наблюдается появление новых оврагов, особенно на склоновых участках. Что же касается территории области, то данный тип оврагов наиболее характерен для сел, расположенных на правом склоне рек Ишим и Иманбурлук: Боголюбово, Гончаровка, Долматово, Красная Горка, Новоникольское, Покровка и др. (рис. 2). Развитию густого овражно-балочного расчленения здесь, помимо антропогенного фактора, способствуют благоприятные геоморфологические условия – глубины местных базисов эрозии, достигающих максимальных значений в 40...60 метров.

Дорожные овраги в своем генезисе коррелируют со строительством и эксплуатацией различного типа дорог и формируются в результате размыва: а) тропинок и проселочных грунтовых дорог; б) кюветов шоссейных и асфальтированных автодорог; в) склонов дорожного полотна; г) придорожных выемок.

Тропинки и проселочные дороги с уплотненным и незащищенным грунтом играют роль своеобразных ложбин рельефа, концентрирующих поверхностный сток. Особенно заметна работа водотоков во время таяния снега, когда в плотный или подмерзший грунт вода почти не просачивается, и их влияние сказывается на поверхности в результате смыва и размыва, т.е., приводит к эрозии. Наиболее быстро растущие овраги данного типа приурочены к дорогам, проложенным по уклону местности и поэтому быстро разрушаемым. Все асфальтированные автодороги, связывающие областной центр с центральными и западными районами области (Петропавловск-Пески, Петропавловск-Сергеевка и т.д.), были проложены вдоль долины Ишима. Их расположение в данном случае имеет определяющее значение, поскольку ложбинки, овраги и балки вследствие уклонов местности подходят к ним перпендикулярно. Данные дороги служат искусственными водоразделами для них, поэтому в данные формы рельефа происходит регулярный сброс вод, стекающих со склонов дорожного полотна.

Эти овраги, подойдя своими вершинами вплотную к дорогам, продолжают свой рост вдоль них, т.е., по кюветам. Им характерны значительное протяжение в 200...500 м, при глубине 5...10 м и ширине 2...5 м, ущельевидный поперечный профиль и крутые обнаженные склоны. Овраги, размывающие только кюветы, наблюдается вдоль трасс Сергеевка-Соколовка, Александровка-Ильинка. Их возникновению способствуют сами кюветы, собирающие воду и служащие руслами водотоков. Они достигают значительной длины даже при малых глубине и ширине. Придорожные выемки – места, где берется грунт для насыпи дорожного полотна, также собирают стекающие поверхностные воды: весьма показателен в данном случае пример начавшихся эрозионных процессов вдоль строящегося с 2014 г. автодорожного полотна автобана Петропавловск-Астана, где

на незадернованных склонах наблюдалась густая сеть струйчатого размыва, сильно выраженная даже на пологих откосах



***Рис. 2. Овраг на склоновом участке близ с. Новоникольское***

Этому способствовало снятие дерново-почвенного покрова и обнажение нижележащих легкоразмываемых лессовидных суглинков и супесей, когда, даже на небольших уклонах, образуются промоины (рис. 3).



***Рис.3. Образование промоин на неукрепленной грунтовой насыпи автомагистрали близ г. Петропавловска***

Большая масса воды, устремляясь из полотна со значительной скоростью и обладая достаточной кинетической энергией, производящей эро-

зионную работу, станет причиной образования оврагов на данном участке, если вовремя не провести профилактические мероприятия.

*Пасквальные овраги* являются самыми старыми по возрасту и имеют вековую историю, когда Северный Казахстан являлся частью дальнеочередового цикла отгонного животноводства, при чрезмерной концентрации поголовья скота на небольших территориях, особенно, на местах водопоя – склонах озерных котловин. С XVIII в. сюда добавились многочисленные скотопрогонные тракты, когда через современную территорию района купленный на местных ярмарках (Тайыншакольская, Каркаралинская и др.) скот гнали в Центральную Россию, а до начала 60-х гг. XX в. скот, через западные районы области, из Монголии перегонялся на крупнейший в регионе Петропавловский мясокомбинат.

В наибольшей степени данный тип оврагов распространен в правобережной части, где нерегулируемый выпас привел к значительному сбою естественной растительности и образованию многочисленных троп, по которым талые воды легко размывают грунт и создают овраги начальной стадии – промоины. Пасквальные овраги возникают реже и в балках, поскольку по их днищам растительность более богатая и сочная, и скот предпочитает для пастбы именно эти места. В результате на стравленных участках появляется множество промоин, а, поскольку сама балка является частью водосбора, то они предсказуемо переходят во вторичные донные овраги.

Таким образом, можно констатировать, что континуальное сельскохозяйственное освоение территории, выразившееся в тотальной распашке многочисленных положительных (гряды и серповидные холмы) и отрицательных (западины, замкнутые межгрядные понижения) микроформ рельефа, различных склонов долин рек, озер и логов, а также усложнение транспортной инфраструктуры, предопределили процесс линейного размыва слабоводостойких пород, вследствие чего в регионе стала прогрессировать овражная эрозия.

### Список литературы

1. Ермолаев О.П. Эрозия в бассейновых геосистемах. Казань: Изд-во УНИПРЕСС КГУ, 2002. 263 с.
2. Зорина Е.Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: Геос, 2003. 167 с.
3. География овражной эрозии (под ред. Е.Ф. Зориной). М.: МГУ, 2006. 324 с.
4. Ковалев С.Н. Овражно-балочные системы в городах (под ред. Р.С. Чалова). М.: Компания ПринтКоВ, 2011. 138 с.

5. Литвин Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. 255 с.
6. Путилов А.Ф. Эрозия почв в лесостепи Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2002. 184 с.
7. Рыжов Ю.В. Формирование оврагов на юге Восточной Сибири. Н-ск: Академическое изд-во «ГЕО», 2015. 249 с.
8. Сурмач Т.П. Водная эрозия и борьба с ней. Л., 1976. 256 с.
9. География производительных сил Северного Казахстана. Т.1. Природные условия и ресурсы. М.: Изд-во Московского университета, 1972. 369 с.
10. Бараев А.И. Избранные труды. В 3-х томах. Алматы: Гылым, 2008. 1087 с.
11. Копеев Б.А. Акшалов К.А., Тлеуов С.С. Влияние агротехнических приемов на уменьшение стоков таловых вод и смыва почвы на склоновых землях// Совершенствование приемов защиты почв от эрозии и приемов охраны природы. Целиноград: НТБ ВНИИЗХ. №45.1984. С.3-14.
12. Гендельман М.А., Лаврентьев Ю.Л., Паракшина Э.М. Особенности водной эрозии и борьба с ней в степи Казахстана. Земледелие. 1985. №10. С.13-16.
13. Копеев Б.А. Почвозащитные мероприятия по борьбе с водной эрозией почв на склоновой пашне в Северном Казахстане. Алма-Ата: Кайнар, 1987. 24 с.
14. Тайжанова М.М. Механизм овражной эрозии и рост оврагов Северного Казахстана//Тезисы докладов III регион. конференции. Целиноград, 1990. С. 52-54.
15. Акшалов К., Ержанов К., Шарипова Л. Причины и следствия проявления водной эрозии почв в Северном Казахстане// Материалы международной конференции, посвященной 100-летию У.У. Успанова. Алматы: Тетис. 2006. С. 46-47.
16. Паракшина Э.М. Интегративная эрозия почв: теоретические и прикладные аспекты. Ч. I. Северный Казахстан. Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ». 2010. 440 с.
17. Паракшина Э.М., Сапаров А.С., Мирзакеев Э.М. Эрозия почв Казахстана. Алматы, 2010. 366 с.
18. Васильченко Н.И. Проявление водной эрозии в почвах Северного Казахстана // Материалы Международной научно-практической конференции: «Структура и морфогенез почвенного покрова в условиях антропогенного воздействия», 17-20 сентября 2013 г. Минск: Издательский центр БГУ. С.90-93.
19. Росновский И.Н. Системный анализ и математическое моделирование процессов в почвах. Томск: Изд-во ТГУ, 2007. 312 с.

20. Методические рекомендации по изучению и контролю водной эрозии почв в современных системах земледелия. Астана: НПЦ им. Бараева, 2010. 25 с.

21. Косов Б.Ф., Любимов Б.П. Опыт районирования территории СССР по размываемости покровных горных пород // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 4. 1974. С. 26-37.

22. Бастраков Г.В. Эрозионная прочность горных пород // Геоморфология. 1977. №2. С.52-55.

*Пашков Сергей Владимирович, канд. геогр. наук, доц., sergp2001@mail.ru, Республика Казахстан, Петропавловск, Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,*

*Тайжанова Мукарам Мурзатовна, канд. геогр. наук, проф., mtayzhanova@nkzu.kz, Республика Казахстан, Петропавловск, Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева*

#### THE DETERMINANTS OF RAVINE EROSION IN THE NORTHERN KAZAKHSTAN

*S. V. Pashkov, M. M. Tayzhanova*

*After the beginning of virgin campaign and total plowing of lands, creation of rural settlements network, construction of highways, industrial facilities and hydraulic engineering constructions in the Northern Kazakhstan, in the areas of new development the intensive gullying caused by synergetic influence of natural and anthropogenous (agrogene) factors predictably began. As a result of full-scale investigations and spatial differentiation of ravine network it is revealed that the greatest spread in the region was gained by ravines of the following genesis: ravines of arable lands, settlements, road and pasture.*

*Key words: ravine erosion, gullying, river Ishim, Northern Kazakhstan.*

*Pashkov Sergey Vladimirovich, candidate of geographical sciences, docent, sergp2001@mail.ru, the Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk, the North Kazakhstan state university named after M. Kozybayev,*

*Tayzhanova Mukaram Murzatovna, candidate of geographical sciences, professor, mtayzhanova@nkzu.kz, the Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk, the North Kazakhstan state university named after M. Kozybayev*

#### Reference

1. Ermolaev O.P. Jerozija v bassejnovyh geosistemah. Kazan': Izd-vo UNIPRESS KGU, 2002. 263 s.
2. Zorina E.F. Ovrazhnaja jerozija: zakonomernosti i potencial razvitija. M.: Geos, 2003. 167 s.
3. Geografija ovrazhnoj jerozii (pod red. E.F. Zorinoj). M.: MGU, 2006. 324 s.
4. Kovalev S.N. Ovrazhno-balochnye sistemy v gorodah (pod red. R.S. Chalova). M.: Kompanija PrintKoV, 2011. 138 s.

5. Litvin L.F. Geografija jerozii pochv sel'skohozjajstvennyh zemel' Rossii. M.: IKC «Akademkniga», 2002. 255 s.
6. Putilov A.F. Jerozija pochv v lesostepi Zapadnoj Sibiri. No-vosibirsk: Izd-vo SO RAN. 2002. 184 s.
7. Ryzhov Ju.V. Formirovanie ovragov na juge Vostochnoj Sibi-ri. N-sk: Akademicheskoe izd-vo «GEO», 2015. 249 s.
8. Surmach T.P. Vodnaja jerozija i bor'ba s nej. L., 1976. 256 s.
9. Geografija proizvoditel'nyh sil Severnogo Kazahstana. T.1. Prirodnye uslovija i resursy. M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1972. 369 s.
10. Baraev A.I. Izbrannye trudy. V 3-h tomah. Almaty: Gylym, 2008. 1087 s.
11. Kopeev B.A. Akshalov K.A., Tleuov S.S. Vlijanie agrotehni-cheskih priemov na umen'shenie stokov talovyh vod i smyva pochvy na sklonovyh zemljah// Sovershenstvovanie priemov zashhity pochv ot jerozii i priemov ohrany prirody. Celinograd: NTB VNIIZH. №45.1984. S.3-14.
12. Gendel'man M.A., Lavrent'ev Ju.L., Parakshina Je.M. Oso-bennosti vodnoj jerozii i bor'ba s nej v stepi Kazahstana. Zemledelie. 1985. №10. S.13-16.
13. Kopeev B.A. Pochvozashhitnye meroprijatija po bor'be s vodnoj jeroziej pochv na sklonovoj pashne v Severnom Kazahstane. Alma-Ata: Kajnar, 1987. 24 s.
14. Tajzhanova M.M. Mehanizm ovrazhnoj jerozii i rost ovragov Severnogo Kazahstana//Tezisy dokladov III region. konferencii. Celi-nograd, 1990. S. 52-54.
15. Akshalov K., Erzhanov K., Sharipova L. Prichiny i sledstviya pojavlenija vodnoj jerozii pochv v Severnom Kazahstane// Materialy mezhdunarodnoj konferencii, posvjashhennoj 100-letiju U.U. Uspanova. Almaty: Tetis. 2006. S. 46-47.
16. Parakshina Je.M. Integrativnaja jerozija pochv: teoreticheskie i prikladnye aspekty. Ch. I. Severnyj Kazahstan. Kaliningrad: Izd-vo FGOU VPO «KGTU». 2010. 440 s.
17. Parakshina Je.M., Saparov A.S., Mirzakeev Je.M. Jerozija pochv Kazahstana. Almaty, 2010. 366 s.
18. Vasil'chenko N.I. Projavlenie vodnoj jerozii v pochvah Sever-nogo Kazahstana // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: «Struktura i morfogeneza pochvennogo pokrova v uslovijah antropogennogo vozdejstvija», 17-20 sentjabrja 2013 g. Minsk: Izdatel'-skij centr BGU. S.90-93.
19. Rosnovskij I.N. Sistemnyj analiz i matematicheskoe mode-lirovanie processov v pochvah. Tomsk: Izd-vo TGU, 2007. 312 s.
20. Metodicheskie rekomendacii po izucheniju i kontrolju vodnoj jerozii pochv v sovremennyh sistemah zemledelija. Astana: NPC im. Ba-raeva, 2010. 25 s.
21. Kosov B.F., Ljubimov B.P. Opyt rajonirovanija territorii SSSR po razmyvaemosti pokrovnyh gornyh porod // Jerozija pochv i ruslovyje processy. Vyp. 4. 1974. S. 26-37.
22. Bastrakov G.V. Jerozionnaja prochnost' gornyh porod // Geo-morfologija. 1977. №2. S.52-55.

УДК 634.722:581.4

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Д.О. Прохоров

*Изложены основные положения методики определения геометрических параметров породных отвалов угольных шахт с использованием картографического веб-сервиса и ГИС технологий на примере террикона шахты Западно-Щекинская 17-бис.*

*Ключевые слова: терриконы, отвалы, рекультивация, геометрические параметры, цифровая модель.*

Промышленная добыча бурого угля в Подмосковном угольном бассейне началась в 20-х годах прошлого века. Максимальная добыча в бассейне была достигнута в шестидесятые годы - более 40 млн тонн в год. Добыча в основном была сосредоточена в Тульской области. Помимо угля шахты выдавали на поверхности пустые породы в объеме порядка 10-20 % от добычи. На территории Тульской области располагалось более 130 действующих шахт, возле каждой из которых вырастали терриконы. За период с 1929 по 1994 годы, на территории Подмосковского бассейна, накопился большой объем пустой породы - примерно 160-180 млн м<sup>3</sup>, который занимает более 500 га земельных угодий, а с учетом ареалов загрязнений - 5-6 тыс. га. Терриконы шахт Подмосковского угольного бассейна представляют собой серьезную экологическую проблему, решением которой надо заниматься безотлагательно [1, 2, 3].

Кроме отчуждения огромных площадей земельных угодий породные отвалы угольных шахт являются экологически опасными объектами, т.к. под влиянием ветровой и водной эрозии негативно воздействуют на окружающую среду, прежде всего на почву, воздушный и водный бассейны. Изменение и преобразование природных ландшафтов - это еще одна проблема, возникающая из-за складирования пустых пород угольных шахт на дневной поверхности.

Особая важность вопроса создания малозатратных и эффективных методов определения геометрических параметров породных отвалов связана с тем, что угольные шахты закрыты, а рекультивационные или консервационные мероприятия на отвалах не проведены. Рано или поздно в каждом конкретном случае будет необходимо определять методы борьбы с негативным влиянием терриконов на окружающую среду (полная разборка, рекультивация или консервация террикона) или выбирать технологию разборки террикона, направления рекультивации или способ консервации, при этом надо основываться, прежде всего, на данных о геометрических характеристиках породных отвалов.

Основными направлениями рекультивации земель, занятых терриконами угольных шахт, являются природоохранное и лесохозяйственное, реже сельскохозяйственное и рекреационное. На выбор направления рекультивации влияет множество причин и параметров. Геометрические параметры терриконов являются одними из решающих при выборе направления восстановления земель. Определение геометрических параметров терриконов угольных шахт также необходимо для разработки проекта восстановления земель от негативного влияния размещения на них породных отвалов [4, 5].

Помимо экологии, проблемы терриконов угольных шахт занимают особое место в таких сферах как: землеустройство и кадастр (определение границ терриконов и нарушенных вокруг них земель, контроль изменений этих границ), горная промышленность (в качестве потенциальных техногенных месторождений, использование пород терриконов в качестве закладочного материала для выработанного пространства карьеров при их рекультивации).

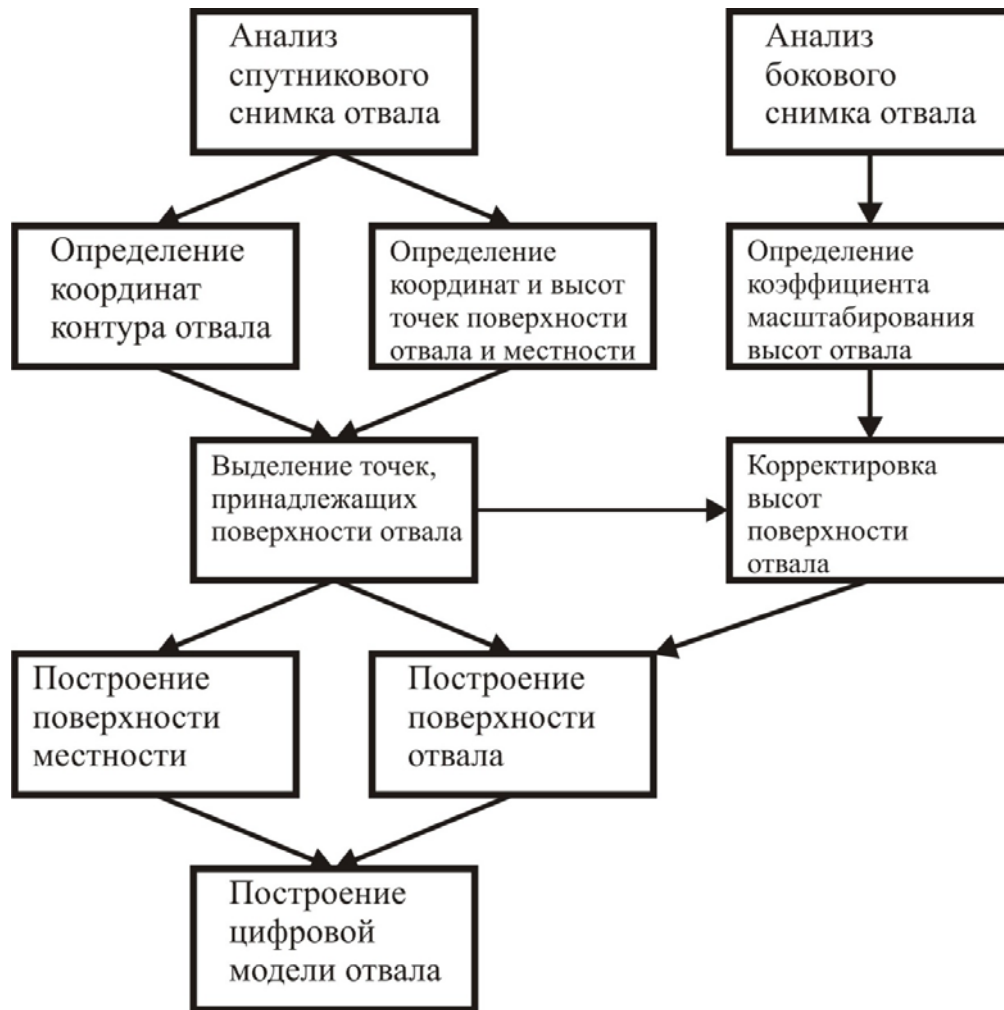
При определении геометрических параметров терриконов нельзя останавливаться на углах откосов, высотах, площадях и объемах отвалов, необходимо создавать цифровые модели терриконов, что даст возможность комплексно подходить к выбору технологий и методов борьбы с негативным влиянием породных отвалов угольных шахт на окружающую среду.

Построение цифровых моделей терриконов достаточно сложная задача и ее решение традиционными геодезическими методами потребует значительных финансовых затрат и займет длительное время. На начальном этапе у использования для этих целей современных ГИС технологий и картографических веб-сервисов нет альтернативы.

Опыт реализации подобных задач с помощью картографического сервиса Google Earth есть в Донецке и Луганске [6, 7, 8].

Для реализации методики определения геометрических параметров породных отвалов угольных шахт мы предлагаем свой подход в использовании картографического сервиса Google Earth [9], и для построения поверхностей участков местности, на которых расположены терриконы, используем программу Surfer от компании Golden Software.

Методика определения геометрических параметров породных отвалов угольных шахт состоит из пяти основных этапов.



**Рис. 1. Этапы создания цифровой модели породного отвала**

**Первый этап** - это работа с картографическим сервисом Google Earth, а именно:

1. Построение контура породного отвала с определением координат точек контура. На спутниковом снимке террикона по его контуру с помощью инструмента «Полигон» строится многоугольник. При сохранении данных многоугольника формируется KML-файл, в котором содержатся определенные координаты точек контура террикона.

2. Определение координат и высот точек поверхности породного отвала и прилегающей к нему территории. На спутниковом снимке террикона производится построение необходимого количества окружностей с помощью инструмента «Круг». Окружности строятся как вокруг контура террикона, так и внутри. При сохранении данных окружностей формируется KML-файл, в котором содержатся координаты и высоты точек окружностей, т.е. координаты и высоты точек поверхности террикона и прилегающей к нему местности.



***Рис. 2. Построение контура породного отвала шахты Западно-Щекинская 17-бис и определение координат и высот точек поверхности***

На **втором этапе** данные полученных KML-файлов преобразуются для построения поверхностей:

1. Из точек окружностей по известным координатам в сравнении с координатами точек многоугольника контура террикона выделяются точки принадлежащие поверхности террикона.

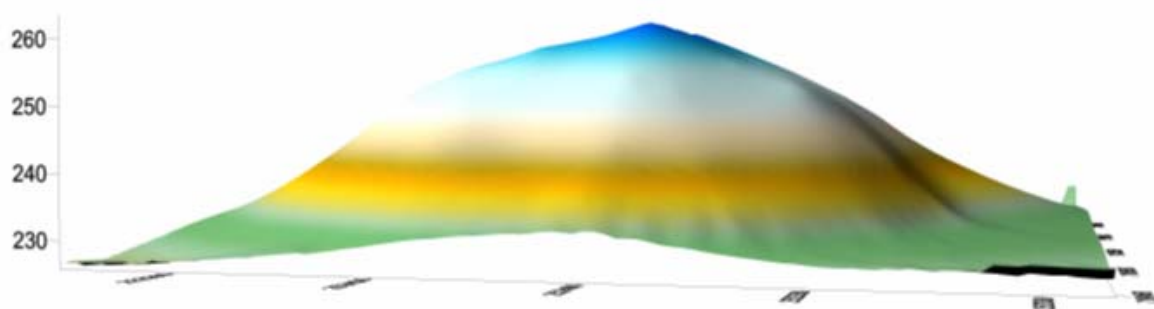
2. Точки, не вошедшие в контур террикона, используются для построения поверхности прилегающей к террикону местности.

Учитывая, что по данным спутниковых снимков при резком перепаде высот точек местности на небольшой площади высоты определяются с искажениями, на **третьем этапе** необходимо произвести масштабирование высот точек поверхности террикона. Для этого надо иметь снимки отвала сбоку. На таких снимках определяются: горизонтальные расстояния между известными точками (эти точки должны быть видны на спутниковом снимке) основания террикона; вертикальные расстояние от подошвы террикона до его вершины. Сопоставление горизонтального расстояния между точками основания террикона на спутниковом снимке с расстоянием между теми же точками на снимке сбоку и определение высоты террикона на снимке сбоку позволяет рассчитать коэффициент масштабирования для корректировки высот точек поверхности породного отвала, полученных в Google Earth.



*Рис. 3. Боковой снимок отвала шахты Западно-Щекинская 17-бис с измерениями для расчета коэффициента масштабирования*

**Четвертый этап** заключается в построении 3D-поверхностей террикона и прилегающей к террикону местности в используемой программе Surfer.



*Рис. 4. 3D-поверхность террикона*

На **пятом этапе** получаем информацию об объеме и площади поверхности породного отвала путем вычитания 3D-поверхности прилегающей к террикону местности из 3D-поверхности террикона.

```

Volumes¶
¶
Z Scale Factor:      →      1¶
¶
Total Volumes by:¶
¶
Trapezoidal Rule:   →      568029.92677434¶
Simpson's Rule:     →      568064.37201097¶
Simpson's 3/8 Rule: →      568065.15392467¶
¶
Cut & Fill Volumes¶
¶
Positive Volume [Cut]: →      596480.73089391¶
Negative Volume [Fill]: →      28452.975366741¶
Net Volume [Cut-Fill]: →      568027.75552717¶
¶
¶
Areas¶
¶
Planar Areas¶
¶
Positive Planar Area [Cut]: → 47473.151844353¶
Negative Planar Area [Fill]: → 12814.203155648¶
Blanked Planar Area: →      0¶
Total Planar Area: →      60287.355000002¶
¶
Surface Areas¶
¶
Positive Surface Area [Cut]: → 49993.109577723¶
Negative Surface Area [Fill]: → 13033.863779624¶
¶

```

**Рис. 5. Фрагмент отчета о вычислении объема террикона**

Такой подход позволяет не только производить анализ экологической обстановки на территориях расположения терриконов, но и дает ценную информацию для оценки геомеханических ситуаций при проектировании рекультивационных мероприятий с целью выбора оптимальных технологий [10].

### Список литературы

1. Проблемы экологической безопасности освоения месторождений при подземной добыче угля / Н.М. Качурин, А.П. Соломатин, Л.Л. Рыбак, В.Л. Рыбак // Известия Тульского государственного университета. Сер. Науки о Земле. Вып. 2. 2012. С. 17-31.
2. Экологически рациональное освоение угольных месторождений / В.И. Сарычев, В.В. Факторович, Е.К. Мосина, Л.Л. Рыбак // Известия Тульского государственного университета. Сер. Науки о Земле. Вып. 3. 2014. С. 22-30.
3. Породные отвалы угольных шахт России / С.З. Калаева, С.М. Богданов, Н.О. Лукин, А.А. Огер. // Известия Тульского государственного университета. Сер. Науки о Земле. Вып. 1. 2016. С.3-23.
4. Тимакова М.С. Историко-географические особенности и современные проблемы развития Подмосковского угольного бассейна (на примере территории Тульской области). Известия Тульского государственного университета. Сер. Науки о Земле. Вып. 2. 2013. С.136-146.

5. Соколов Э.М., Качурин Н.М., Мелехова Н.И. Рекультивация отвалов отработанных шахт подмосковного бассейна. Известия Тульского государственного университета. Сер. Науки о Земле. Вып. 1. 2010. С.102-105.

6. Гавриленко Ю. Н., Гавриленко Д. Ю., Карпова Е. А. Создание кадастра терриконов угольных шахт на основе ГИС и Интернет технологий. Разработка рудных месторождений, Кривой Рог, 2011. № 94. С. 128 - 134.

7. Харламов А. В. Оценка площадей терриконов по данным спутниковых снимков. Сборник трудов международной научной конференции, №11, Луганск, 2011. С. 24-29.

8. Бураков О.В., Адамов В.Г. Компьютерная система оценки параметров породных отвалов. - Режим доступа: [http:// www.sworld.com.ua/konfer37/732.pdf](http://www.sworld.com.ua/konfer37/732.pdf).

9. Официальный сайт приложения Google Earth. - Режим доступа: <http://www.google.ru/intl/ru/earth/>.

10. Прохоров Д.О. Геомеханическое обеспечение горных работ при рекультивации терриконов угольных шахт. Известия Тульского государственного университета. Сер. Науки о Земле. Вып. 1. 2016. С. 163-171.

*Прохоров Дмитрий Олегович, канд. техн. наук, [dp071@outlook.com](mailto:dp071@outlook.com), Россия, Тула, Тульский государственный университет*

#### *METHOD OF DETERMINING GEOMETRIC PARAMETERS OF WASTE DUMPS OF COAL MINES*

*D.O. Prokhorov*

*Fundamentals of methodology of determination of geometric parameters of waste dumps of coal mines with use of web mapping services and GIS technologies on the example of the mine waste heaps Zapadno-Shchekinskaja 17-bis.*

*Key words: waste heap, dump, reclamation, geometrical parameters, digital model.*

*Prokhorov Dmitrii Olegovich, candidate of technical science; [dp071@outlook.com](mailto:dp071@outlook.com), Russia, Tula, Tula State University*

#### Reference

1. Problemy jekologicheskoy bezopasnosti osvoenija mestorozhde-nij pri podzemnoj dobyche uglja / N.M. Kachurin, A.P. Solomatin, L.L. Rybak, V.L. Rybak // Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universite-ta. Ser. Nauki o Zemle. Vyp. 2. 2012. S. 17-31.

2. Jekologicheski racional'noe osvoenie ugol'nyh mestorozhde-nij / V.I. Sarychev, V.V. Faktorovich, E.K. Mosina, L.L. Rybak // Izve-stija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Nauki o Zemle. Vyp. 3. 2014. S. 22-30.

3. Porodnye otvaly ugol'nyh shaht Rossii / S.Z. Kalaeva, S.M. Bogdanov, N.O. Lukin, A.A. Oger. // Izvestija Tul'skogo gosudarstven-nogo universiteta. Ser. Nauki o Zemle. Vyp. 1. 2016. S.3-23.

4. Timakova M.S. Istoriko-geograficheskie osobennosti i sovremennye problemy razvitiya Podmoskovnogo ugol'nogo bassejna (na primere territorii Tul'skoj oblasti). Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Nauki o Zemle. Vyp. 2. 2013. S.136-146.
5. Sokolov Je.M., Kachurin N.M., Melehova N.I. Rekul'tivacija otvalov otrabotannyh shaht podmoskovnogo bassejna. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Nauki o Zemle. Vyp. 1. 2010. S.102-105.
6. Gavrilenko Ju. N., Gavrilenko D. Ju., Karpova E. A. Sozdanie kadastra terrikonov ugol'nyh shaht na osnove GIS i Internet tehnologij. Razrabotka rudnyh mestorozhdenij, Krivoj Rog, 2011. № 94. S. 128 - 134.
7. Harlamov A. V. Ocenka ploshhadej terrikonov po dannym sputnikovyh snimkov. Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, №11, Lugansk, 2011. S. 24-29.
8. Burakov O.V., Adamov V.G. Komp'yuternaja sistema ocenki pa-rametrov porodnyh otvalov. - Rezhim dostupa: [http:// www.sworld.com.ua/konfer37/732.pdf](http://www.sworld.com.ua/konfer37/732.pdf).
9. Oficial'nyj sajt prilozhenija Google Earth. - Rezhim dostupa: <http://www.google.ru/intl/ru/earth/>.
10. Prohorov D.O. Geomehanicheskoe obespechenie gornyh rabot pri rekul'tivacii terrikonov ugol'nyh shaht. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Nauki o Zemle. Vyp. 1. 2016. S. 163-171.

УДК 631.483

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДМОСКОВНОГО УГЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ, СНИЖАЮЩИХ СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ

В.П. Сафронов, В.В. Матыченков, Е.А.Бочарникова, С.И.Носенко

*Одним из наиболее распространенных направлений повышения плодородия почв является внесение гуминовых веществ. Гуматы получают путем щелочной экстракции из различных углерод содержащих соединений. В качестве активной формы органического вещества бурый уголь может быть использован непосредственно. Повышенное содержание в угле некоторых загрязняющих веществ можно снизить путем смешивания бурого угля и концентрированной монокремниевой кислоты, что приводит к образованию кремний-органического препарата, оказывающего положительное воздействие не только на рост растений, но и на снижение подвижности таких тяжелых металлов как свинец и ртуть непосредственно в почвенной матрице.*

*Ключевые слова:* уголь, углерод, кремний, свинец, ртуть, кукуруза, подсолнечник.

Развитие продуктовой базы России с целью замещения импорта предполагает увеличение производства отечественных сельскохозяйственных продуктов. Для эффективного производства продуктов земледелия требуется плодородная почва. Одним из наиболее распространенных направлений повышения плодородия почв является внесение гуминовых ве-

ществ. Гуматы получают путем щелочной экстракции из различных углерод содержащих соединений – торфа, бурого угля, органических отходов и др. [1, 2]. В качестве активной формы органического вещества бурый уголь может быть использован непосредственно [3, 4].

Уголь - это потенциальное сырье для производства органических удобрений и гуминовых веществ высокого качества. Геологические запасы бурого угля в Подмосковном угольном бассейне оцениваются в 11 млрд тонн [5, 6]. На территории Тульской области промышленная добыча угля началась с 1853 года. За весь период освоения месторождений угля Подмосковного бассейна было добыто около 1,2 млрд. тонн угля подземным и открытым способами. В настоящее время добыча угля в Подмосковном бассейне сведена к минимуму, что связано с высокой зольностью бурого угля, достигающей 50 % [7].

Вторым после углерода важнейшим элементом, который обеспечивает уровень почвенного плодородия, является кремний [8]. При этом наиболее важными являются активные формы кремния (монокремниевая кислота, коллоиды). Кремниевые почвенные мелиоранты позволяют оптимизировать питание растений по фосфору [9], азоту [10] и калию [11]. Внесение кремниевых удобрений повышает устойчивость сельскохозяйственных растений к стрессам биотической и абиотической природы, что позволяет резко снижать нормы применения пестицидов или вообще отказаться от них [12, 13]. Повышение засухоустойчивости растений при внесении кремний содержащих препаратов позволяет повысить гарантию получения урожая при засухах и снизить нормы поливных вод до 50 % [14].

Объединение кремния в активных формах с активными формами углерода позволяет получить препарат, который потенциально решает задачу повышения плодородия почв за счёт обеспечения необходимого уровня питания растений при высокой интенсивности ведения сельского хозяйства.

Целью наших исследований было изучение свойств бурого угля, вмещающих его пород для проведения вегетационного эксперимента с кукурузой, подсолнечником с изначальными ингредиентами в отдельности и кремний-органическим почвенным мелиорантом на основе бурого угля и вмещающих его пород.

**Объекты и методы исследования.** Образцы угля и глины, которая присутствует в угольном пласте в виде пропластков, были взяты в одном из карьеров Подмосковного угольного бассейна. Исследования образцов были проведены в Институте фундаментальных проблем биологии РАН и Институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Было определено общее содержание следующих элементов: Cd, Co, Cr, Pb, Fe, Ca, Mg, Mn, K, Na, P, B, As, Si, Hg, Ni, Zn и C. Для этого

исследуемые образцы растворяли в смеси плавиковой кислоты, перекиси водорода и азотной кислоты. Содержание элементов в полученных растворах (кроме углерода) определяли на ICP OES spectrometer Perkin Elmer Optima 5300 DV. Содержание углерода (C) определяли весовым методом при сжигании угля.

Кроме определения общего содержания элементов была использована слабо-кислая вытяжка для определения доступных для растений элементов. Эту вытяжку получали по следующей методике. Образец воздушно-сухой породной массой 2 г смешивали с 20 мл 0,1 n HCl, взбалтывали 1 час, затем отстаивали 12 часов и осуществляли центрифугирование 15 минут со скоростью 5000 оборотов в минуту. В полученном экстракте определяли содержание Cd, Co, Cr, Pb, Fe, Ca, Mg, Mn, K, Na, P, B, As и Si с использованием ICP OES spectrometer Perkin Elmer Optima 5300 DV.

Для получения кремний-углеродного мелиоранта была проведена активация бурого угля. В качестве активатора бурого угля в лабораторных условиях был использован раствор концентрированной монокремниевой кислоты (pH=12, концентрация монокремниевой кислоты составляла 15 % по Si), производимой компанией «Эккси» (г. Орехово-Зуево, Московская область). Кремний-органический препарат создали путем смешивания обоих ингредиентов в соотношении 10:1 (измельченный бурый уголь: концентрированный раствор монокремниевой кислоты) (Уголь+Si). Затем препарат высушивали при комнатной температуре при периодическом перемешивании компонентов. Кремний-органический препарат позволяет более активно вовлекать бурый уголь в круговорот системы «почва-микроорганизмы-растение».

Для исследования влияния кремний-органического препарата на растения проведены вегетационные эксперименты с кукурузой (*Zea mays* L. сорт Жемчуг) и подсолнечником (*Helianthus annuus* L., сорт Лакомка). Кукуруза является однодольным растением, а подсолнечник – двудольным. Растения выращивали в пластиковых сосудах (объемом 1 литр) на почво-смеси («Щедрая земля» компании «Фаско»). В почво-смесь добавляли бурый уголь и кремний-органический продукт в дозах 0,25 или 0,5 г/сосуд, что соответствует 250 и 500 кг/га соответственно. Растения выращивали в течении 4-х недель при температуре 20 °C днем и 17 °C ночью, естественном освещении и определяли биомассу надземной и подземной частей растений. В корнях и листьях исследуемых культур определяли общее содержание ртути и свинца. Для этого образцы растений высушивали при температуре 65 °C в течении 24 часов. Затем высушенные растительные ткани растирали в ступке и просеивали сквозь сито 0,2 мм. Для определения общего содержания ртути и свинца в растениях использовали методику разложения высушенных растительных образцов в смеси кон-

центрированной азотной кислоты и перекиси водорода с последующим измерением на ICP OES Perkin Elmer Optima 5300 DV.

Все исследования проводили в трехкратной повторности. Полученные результаты обрабатывали с использованием статистических программ (Statgraphics Plus 5.1 и Excel 2010). Была рассчитана наибольшая средняя разница для уровня достоверности ( $p \leq 0.05$ ).

**Полученные результаты.** Общее содержание элементов представлено в табл. 1. Содержание общего углерода для бурого угля составило 40-45 % и для породы – 1,1-1,3 %. Высокая дисперсность породы обусловлена ее неоднородностью. Образцы (уголь и глинистая порода) характеризовались повышенным содержанием свинца, представленного нерастворимыми соединениями, однако содержание доступных форм этого элемента в слабокислой вытяжке было низким (табл. 2). Вызывает опасение и присутствие в обоих образцах такого канцерогенного элемента, как ртуть. Поэтому в дальнейших вегетационных исследованиях свинец и ртуть определяли в корнях и надземной части кукурузы и подсолнечника. Для угля характерно несколько повышенное содержание кальция, натрия и кремния. Для горной породы характерно присутствие железа и кремния. Недостающую массу элементов для угля составляют: сера, кислород, азот, алюминий, а для породы: алюминий и кислород.

Содержание доступных для растений следующих элементов Cd, Co, Cr, Pb, Fe, Ca, Mg, Mn, K, Na, P, B, As, и Si, исследованное в слабокислой вытяжке, представлено в табл. 2.

**Таблица 1**

**Общее содержание элементов в угле и породе**

| Химический элемент,<br>мг/кг образца породы | Образец |        |       |
|---------------------------------------------|---------|--------|-------|
|                                             | Уголь   | Порода | НСП05 |
| Cd                                          | 0,014   | 0,09   | 0,02  |
| Co                                          | 0,62    | 0,49   | 0,02  |
| Cr                                          | 0,75    | 0,84   | 0,02  |
| Pb                                          | 7,5     | 5,2    | 0,02  |
| Fe                                          | 2030    | 9810   | 20    |
| Ca                                          | 6940    | 12700  | 13    |
| Mg                                          | 481     | 8340   | 20    |
| Mn                                          | 10,4    | 52,5   | 0,2   |
| K                                           | 530     | 1753   | 15    |
| Na                                          | 1782    | 2105   | 25    |
| P                                           | 245     | 265    | 5     |
| B                                           | 250     | 715    | 10    |
| As                                          | 0,4     | 0,77   | 0,02  |
| Si                                          | 89570   | 185440 | 1000  |
| Hg                                          | 16,5    | 3,8    | 1,5   |
| Ni                                          | 5,9     | 4,9    | 0,2   |
| Zn                                          | 17,6    | 19,9   | 1     |

**Таблица 2**  
**Содержание элементов в 0,1 н HCl вытяжке**

| Химический элемент,<br>мг/кг образца породы | Образец |        |                   |
|---------------------------------------------|---------|--------|-------------------|
|                                             | Уголь   | Порода | HCP <sub>05</sub> |
| Cd                                          | 0,005   | 0,023  | 0,02              |
| Co                                          | 0,32    | 0,28   | 0,02              |
| Cr                                          | n/d*    | 0,36   | 0,02              |
| Pb                                          | 0,01    | 1,09   | 0,02              |
| Fe                                          | 128,4   | 229,9  | 20                |
| Ca                                          | 116,8   | 41,5   | 13                |
| Mg                                          | 73,5    | 212,8  | 20                |
| Mn                                          | n/d*    | 3,4    | 0,2               |
| K                                           | 105,3   | 652,4  | 15                |
| Na                                          | 9,5     | 45,7   | 1                 |
| P                                           | 47,8    | 65,6   | 5                 |
| B                                           | 25,8    | 11,1   | 1                 |
| As                                          | 0,05    | 0,75   | 0,02              |
| Si                                          | 53      | 533    | 10                |

Примечание: \*n/d – не детектируется

Содержание таких потенциально загрязняющих элементов, как кадмий, хром, мышьяк – незначительно. Обращает на себя внимание присутствие, как в угле, так и в глинистой породе таких элементов: кобальт, свинец и марганец. Содержание фосфора в обоих образцах – не достаточно высокое, чтобы классифицировать их как источник фосфорного питания растений. Однако содержание калия сравнительно высокое, особенно в породе. Можно отметить достаточно высокое содержание бора. В породе и особенно угле незначительное содержание потенциально подвижного кремния.

Использование кремний-органического препарата существенно (до 30 %) повышало биомассу кукурузы и подсолнечника (табл. 3).

**Таблица 3**

**Влияние испытываемых препаратов на сырую биомассу кукурузы и подсолнечника (г на одно растение)**

| Препарат,<br>грамм в сосуде | Кукуруза      |                           | Подсолнечник  |                           |
|-----------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
|                             | Вес корней, г | Вес надземной биомассы, г | Вес корней, г | Вес надземной биомассы, г |
| Контроль                    | 0,48          | 0,95                      | 0,22          | 0,91                      |
| Уголь, 0,25                 | 0,50          | 0,94                      | 0,25          | 0,92                      |
| Уголь, 0,5                  | 0,51          | 0,96                      | 0,28          | 1,05                      |
| Si к-та                     | 0,59          | 1,15                      | 0,31          | 1,18                      |
| Si-Уголь, 0,25              | 0,62          | 1,22                      | 0,40          | 1,19                      |
| Si-Уголь, 0,5               | 0,68          | 1,25                      | 0,47          | 1,21                      |
| HCP05                       | 0,06          | 0,08                      | 0,05          | 0,07                      |

Таблица 4

**Содержание общего свинца и ртути в корнях и листьях кукурузы  
и подсолнечника, мг/кг**

| Препарат, грамм в<br>сосуде | Кукуруза |      |        |      | Подсолнечник |      |        |      |
|-----------------------------|----------|------|--------|------|--------------|------|--------|------|
|                             | Корни    |      | Листья |      | Корни        |      | Листья |      |
|                             | Pb       | Hg   | Pb     | Hg   | Pb           | Hg   | Pb     | Hg   |
| Контроль                    | 0,42     | 0,02 | 0,05   | 0,01 | 0,34         | 0,03 | 0,02   | 0,02 |
| Уголь, 0,25                 | 0,62     | 0,03 | 0,07   | 0,02 | 0,43         | 0,04 | 0,03   | 0,04 |
| Уголь, 0,5                  | 0,71     | 0,04 | 0,09   | 0,02 | 0,54         | 0,05 | 0,04   | 0,05 |
| Si к-та                     | 0,82     | 0,04 | n/d*   | n/d* | 0,63         | 0,06 | n/d*   | n/d* |
| Si-Уголь, 0,25              | 0,33     | 0,02 | n/d*   | n/d* | 0,27         | 0,04 | n/d*   | n/d* |
| Si-Уголь, 0,5               | 0,32     | 0,02 | n/d*   | n/d* | 0,13         | 0,04 | n/d*   | n/d* |
| НСР05                       | 0,05     | 0,01 | 0,01   | 0,01 | 0,04         | 0,01 | 0,01   | 0,01 |

Примечание: \*n/d – не детектируется.

Наибольший эффект был достигнут при применении кремний-органического препарата, внесённого в дозе 0,5 г/сосуд. Использование необработанного угля привело к незначительному повышению веса надземной и подземной частей кукурузы и подсолнечника.

Внесение необработанного угля повысило содержание свинца и ртути, как в корнях, так и в листьях кукурузы и подсолнечника (табл. 4). Однако во всех вариантах содержание тяжелых металлов было ниже предельно допустимых значений [15]. Использование кремниевой кислоты так же повысило содержание свинца и ртути в корнях растений. Однако в листьях ни свинец, ни ртуть не фиксировались. Это согласуется с нашими и данными источников [16, 17]. Предполагается, что при оптимизации кремниевого питания растений происходит блокировка транслокации тяжелых металлов из подземных органов растений в надземные части. При этом происходит осаждение тяжелых металлов в корнях и переход их в неактивную форму. Таким образом, повышается устойчивость сельскохозяйственных растений к токсикации тяжелыми металлами и снижается аккумуляция свинца и ртути в надземных органах.

Использование препарата снижало содержание свинца и ртути как в корнях, так и в листьях изучаемых растений. Предполагается, что это воздействие не только кремния, но и гуминовых кислот, которые образовались в процессе производства препарата. При воздействии на бурый уголь концентрированной монокремниевой кислоты, которая имеет щелочную реакцию, происходит растворение угля с образованием гуматов, что приводит к активации самого бурого угля. Кроме того, известно, что монокремниевая кислота стабилизирует гуминовые кислоты [18]. Таким образом, при смешивании бурого угля и концентрированной монокремниевой кислоты происходит образование кремний-органического препарата, оказывающего положительное воздействие не только на рост кукурузы и под-

солнечника, но и на снижение подвижности таких тяжелых металлов как свинец и ртуть непосредственно в почвенной матрице.

Производство кремний-органического препарата предполагает добычу исходного сырья – бурого угля. На первом этапе производства такого препарата могут быть использованы существующие технологические отвалы угольных разрезов Подмосковского бассейна, которые содержат до 12 % угля [19]. Поэтому кремний-органический препарат предлагается на первом этапе получать непосредственно на отвальных площадях угольных карьеров в качестве товарной продукции, а на втором этапе выполнять в полном объеме биологический этап рекультивации отвальных площадей угольных карьеров с использованием этого же препарата.

### Список литературы

1. Кузьмич М.А. Влияние гуминовых веществ на почву и растения. *Агрохимия*. 1990. № 8. С. 63-66.
2. Nardi S., Pizzeghello D., Muscolu A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants // *Soil Biol., Biochem* 2002, 34. P. 1527-1536.
3. Kalembara S., Tengler S. Z. The role of brown coal in fertilization and environmental protection // *Wyd. AP Siedlce, Monogr.* 2004. T. 52. P. 174.
4. Оciepa, Е., Оciepa-Kubicka, А., Okoniewska, Е., & Lach, J. (2013). The immobilization of zinc and cadmium in the soil as a result of the use of waste substrates. *ROCZNIK OCHRONA SRODOWISKA*, 15, P.1772-1786.
5. Атлас углей Подмосковского бассейна / под ред. В.С. Яблокова. ЦБТИ, Тула, 1962. 196 с.
6. Рябов Г.Г., Сарычев В.И., Жабин А.Б. Экологическая характеристика территории Подмосковского угольного бассейна // *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. Вып. 4. 2014.
7. Логачева В. М., Мишанова В. А. Анализ современных перспектив добычи полезных ископаемых на территории Подмосковского угольного бассейна // *Известия Тульский государственный университет. Технические науки*. № 2. 2014. 284–29 с.
8. Орлов Д. С. *Химия почв: учебник*. М.: Изд-во МГУ, 2015.
9. Пахненко Е. П., Матыченков И. В. Изменение содержания подвижных фосфатов почвы при внесении активных форм кремния // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии* №. 3 (23), 2013.
10. Куликова А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрений сельскохозяйственных культур. Ульяновск, Изд-во Ульяновской ШСХА им П.А.Столыпина, 2012. 167 с.

11. Matichenkov V., Bocharnikova E. The relationship between Si and soil physical and chemical properties // *Silicon in Agriculture. Studies in Plant Science* Amsterdam: Elsevier, 2001. P. 209–219.

12. Belanger R.R. The role silicon in plant-pathogen interaction: toward universal model. In: III Silicon Agricultural conference. (Ed.) Korndorfer G.H., October 22-26, 2005, Uberlandia, Universidade Federal de Uberlandia. 2005. P. 34–40.

13. Ma, Takahashi, Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan. Elsevier, The Netherlands, 2002.

14. Матыченков В.В., Бочарникова Е.А. Использование некоторых отходов металлургической промышленности для улучшения фосфорного питания и повышения засухоустойчивости растений // *Агрохимия*. № 5. 2003. С. 50-56.

15. Водяницкий, Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: ГНУ Почвенный ин-т им. ВВ Докучаева РАСХН, 2008.

16. Dresler, S., Wójcik, M., Bednarek, W., Hanaka, A., & Tukiendorf, A. (2015). The effect of silicon on maize growth under cadmium stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 62(1), P. 86-92.

17. Matichenkov V.V., Fomina I.R., Biel K.J. Silicon and its protective role in living organisms // *Complex biological systems: adaptation and tolerance to extreme environments* / Eds. Khlebopros R.G., Biel K.Y. Pushchino-Krasnoyarsk: "Gorod", 2014. P. 94-129.

18. Dupuis T., Tamby P., Dupuis J. Etude experimental de l'action des acides fulviques sur les gels silico-magnésiens et les silicates magnésiens // *Bull. Assoc. Fr. Etude Sol*. 1982. № 4. P. 241-252.

19. Качурин Н.М., Левкин Н.Д., Комиссаров М.С. Геоэкологические проблемы угледобывающих регионов: монография. Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. 560 с.

*Сафронов Виктор Петрович, д-р техн. наук, проф., geotims@list.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Бочарникова Елена Афанасьевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, mswk@rambler.ru, Россия, Московская обл., Пушкино, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,*

*Матыченков Владимир Викторович, д-р биол. наук, ст. науч. сотрудник, vvmatichenkov@yandex.ru, Россия, Московская обл., Пушкино, Институт фундаментальных проблем биологии РАН,*

*Носенко Сергей Иванович, канд. техн. наук, serg-nosen@yandex.ru, Россия, Тула, ООО «Тирон»*

USING COAL OF MOSCOW COAL BASIN FOR PRODUCTION ORGANIC MANURES  
REDUCING CONCENTRATIONS HEAVY METALS IN PLANTS

*V.P. Safronov, V.V. Mtichenkov, E.A. Bocharnicova, S.I. Nosenko*

*One of the most accepted directions of improving soil fertility is using humic substances. Humates are gotten by alkaline extraction from different carbonic compounds. Brown coal can be used as active form organic substance. Increased content pollutants in coal can be reduced by mixing brown coal with concentrated silicic acid and getting silicon-organic preparation, which helping growth of plants and reducing moving lead and mercury in soil.*

*Safronov Viktor Petrovich, Doctor of Science, Professor, [geotims@list.ru](mailto:geotims@list.ru), Russia, Tula, Tula State University,*

*Mtichenkov Vladimir Viktorovich, Doctor of Science, Senior Staff Scientist, [vytmichenkov@yandex.ru](mailto:vytmichenkov@yandex.ru), Russia, Moscow Region, Puschino, Institute of Fundamental Problems of Biology of Russian Academy of Sciences,*

*Elena Afanasievna, Candidate of Science, Senior Staff Scientist, [mswk@rambler.ru](mailto:mswk@rambler.ru), Russia, Moscow Region, Puschino, Institute of Physical-Chemical and Biological Problems of pedology of Russian Academy of Sciences,*

*Nosenko Sergei Ivanovich, Candidate of Science, [serg-nosen@yandex.ru](mailto:serg-nosen@yandex.ru), Russia, Tula, ООО "Tiron"*

#### Reference

1. Kuz'mich M.A. Vlijanie guminovyh veshhestv na pochvu i rastenija. Agrohimiya. 1990. № 8. С. 63-66.
2. Nardi S., Pizzeghello D., Muscolu A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants / Soil Biol., Biochem 2002, 34. R. 1527-1536.
3. Kalembsa S., Tengler S. Z. The role of brown coal in fertilization and environmental protection / Wyd. AP Siedlce, Monogr. 2004. T. 52. P. 174.
4. Ociepa, E., Ociepa-Kubicka, A., Okoniewska, E., & Lach, J. (2013). The immobilization of zinc and cadmium in the soil as a result of the use of waste substrates. ROC-ZNIK OCHRONA SRODOWISKA, 15, R.1772-1786.
5. Atlas uglej Podmoskovnogo bassejna / Pod red. V.S. Jabloкова. CBTI, Tula, 1962. 196 s.
6. Rjabov G.G., Sarychev V.I., Zhabin A.B. Jekologicheskaja harakteristika territorii Podmoskovnogo ugol'nogo bassejna. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle. Vyp. 4. 2014.
7. Logacheva V. M., Mishanova V. A. Analiz sovremennyh perspektiv dobychi poleznyh iskopaemyh na territorii Podmoskovnogo ugol'no-go bassejna. Izvestija Tul'skij gosudarstvennyj universitet. Tehniche-skie nauki. № 2. 2014. 284–29 s.
8. Orlov D. S. Himija pochv. Uchebnik /M.: izd-vo MGU, 2015.
9. Pahnenko E. P., Matychenkov I. V. Izmenenie soderzhanija po-dvizhnyh fosfatov pochvy pri vnesenii aktivnyh form kremnija /Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii №. 3 (23), 2013.

10. Kulikova A.H. Kremnij i vysokokremnistye porody v sisteme udobrenij sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Ul'janovsk, Izd-vo Ul'janov-skoj ShSHA im P.A.Stolypina, 2012. 167 s.
11. Matichenkov V., Bocharnikova E. The relationship between Si and soil physical and domical properties // Silicon in Agriculture. Studies in Plant Science Amsterdam: Elseier, 2001. P. 209–219.
12. Belanger R.R. The role silicon in plant-pathogen interaction: to-ward universal model. In: III Silicon Agricultural conference. (Ed.) Korndorfer G.H., October 22-26, 2005, UMBERLANDIA, Universodade Federal de Uber-landia. 2005. R. 34–40.
13. Ma, Takahashi, Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan. Elsevier, The Netherlands, 2002.
14. Matychenkov V.V., Bocharnikova E.A. Ispol'zovanie nekotoryh othodov metallurgicheskoy promyshlennosti dlja uluchsheniya fosfornogo pitaniya i povysheniya zasuhoustojchivosti rastenij / Agrohimiya. № 5. 2003. S. 50-56.
15. Vodjanickij, Ju. N. Tjzhelye metally i metalloidy v pochvah. M.: GNU Pochvennyj in-t im. VV Dokuchaeva RASHN, 2008.
16. Dresler, S., Wójcik, M., Bednarek, W., Hanaka, A., & Tukiendorf, A. (2015). The effect of silicon on maize growth under cadmium stress. Russian Journal of Plant Physiology, 62(1), R. 86-92.
17. Matichenkov V.V., Fomina I.R., Biel K.J. Silicon and its protec-tive role in living organisms / Complex biological systems: adaptation and tol-erance to extreme environments / Eds. Khlebopros R.G., Biel K.Y. Pushchino-Krasnoyarsk: "Gorod", 2014. P. 94-129.
18. Dupius T., Tamby P., Dupuis J. Etude experimental de l'action des acides fulviques sur les gels silies-magnisies et les silicates magnisiens / Bull. Assoc. Fr. Etude Sol. 1982. № 4. P. 241-252.
19. Kachurin N.M., Levkin N.D., Komissarov M.S. Geojekologicheskie problemy ugledobyvajushhih regionov: monografija. Tula: Izd-vo TulGU, 2011. 560 s.

## **ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

УДК 622.86:622.33:338.28

### **АДАПТАЦИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКА ОБРУШЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК К УСЛОВИЯМ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА**

А.Н. Домрачев, С.В. Риб, А.М. Никитина

*Рассмотрены наиболее распространенные зарубежные методы оценки риска обрушения горных выработок и оценены возможности их использования для повышения уровня промышленной безопасности шахт юга Кузбасса.*

*Ключевые слова: вероятность обрушения, фактор вероятности, адаптация методики, крепление кровли, экспертная оценка, категории риска.*

В ходе анализа источников [1-9] было установлено, что наибольшим распространением характеризуются экспертный, вероятностный (статистический) и смешанный методы оценки риска обрушения горных выработок.

Количественная экспертно-вероятностная оценка риска обрушения основывается на классификации по признаку coalmineroofrating (CMRR), который является числом в диапазоне 0 (слабая кровля) – 100 (максимально прочная кровля) [3]. Алгоритм расчета [4] представляет собой комбинацию статистических и экспертных методов и включает последовательный выбор параметров, зависящих от горно-геологических и горнотехнических характеристик с последующим вычислением вероятности на основе регрессионных зависимостей.

В настоящее время, наиболее распространенный вероятностный метод для определения параметров новых охраняемых целиками выработок и оценки устойчивости существующих – University of New South Wales (UNSW) Pillar Design Method [7], приемлемый для целиков прямоугольной и ромбовидной формы.

Для оценки возможности использования методик в условиях отечественных шахт были выполнены проверочные расчеты для шахт «Аларда», «Есаульская» и «Грамотеинская». Результаты расчетов сведены в таблицу.

**Расчет риска обрушения выработок для условий шахт юга Кузбасса\***

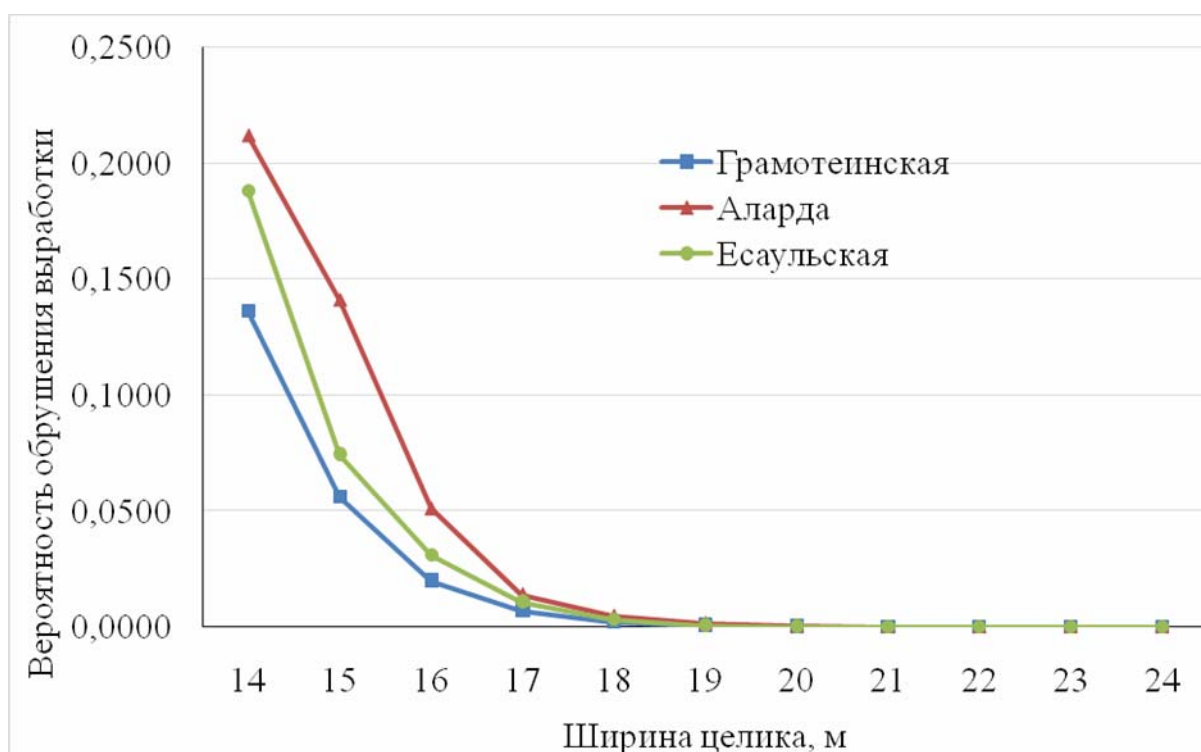
| Объект                                                   | $H, \text{м}$ | $w_1, \text{м}$ | $w_2, \text{м}$ | $h, \text{м}$ | $\vartheta, \text{град}$ | $\sigma_{сж}, \text{МПа}$ | $p, \text{CMRR}$ | $p, \text{UNSW}$ |
|----------------------------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------------------|---------------------------|------------------|------------------|
| 1                                                        | 2             | 3               | 4               | 5             | 6                        | 7                         | 8                | 9                |
| ш. Есаульская, штрек 26-25 бис                           | 553           | 14              | 130             | 2,1           | 60                       | до 48                     | 0,24             | 0,18             |
| ш.Грамотеинская штрек пласта Сычевский IV <sup>в/с</sup> | 260           | 14              | 90              | 3,1           | 50                       | до 40                     | 0,18             | 0,13             |
| ш.Аларда, штрек 3-40 (проект)                            | 440           | 14,5            | 120             | 2,2           | 50                       | до 51                     | 0,21             | 0,24             |

\*  $H$  – глубина заложения выработки, м;  $w_1$  – минимальная ширина целика, м;  $w_2$  – максимальная ширина целика, м;  $h$  – высота целика, м;  $\vartheta$  – угол между смежными сторонами околострекового целика;  $\sigma_{сж}$  – предел прочности пород кровли при сжатии;  $p, \text{CMRR}$  – вероятность обрушения, определенная по показателю CMRR;  $p, \text{UNSW}$  – вероятность обрушения, определенная по методике UNSW.

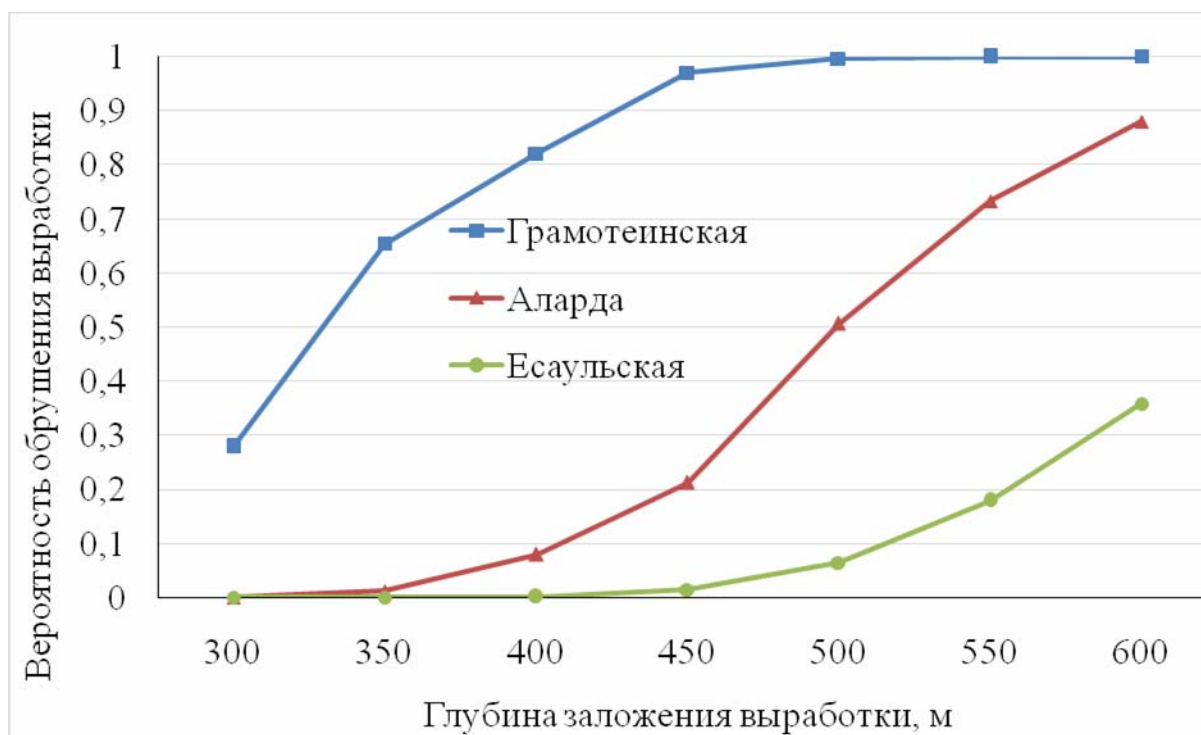
На рис. 1 приведены зависимости вероятности обрушения выработки по методике UNSW от ширины околострекового целика в условиях пласта Сычевский IV шахты «Грамотеинская», пласта 26<sup>а</sup> шахты «Есаульская» и пласта 3 шахты «Аларда». На рис. 2 приведены зависимости вероятности обрушения выработки от глубины заложения выработки в условиях пласта Сычевский IV шахты «Грамотеинская», пласта 26<sup>а</sup> шахты «Есаульская» и пласта 3 шахты «Аларда» по методике UNSW.

На рис. 3 приведены зависимости вероятности обрушения выработки от ее ширины в условиях пласта Сычевский IV шахты «Грамотеинская», пласта 26а шахты «Есаульская» и пласта 3 шахты «Аларда» по методике UNSW.

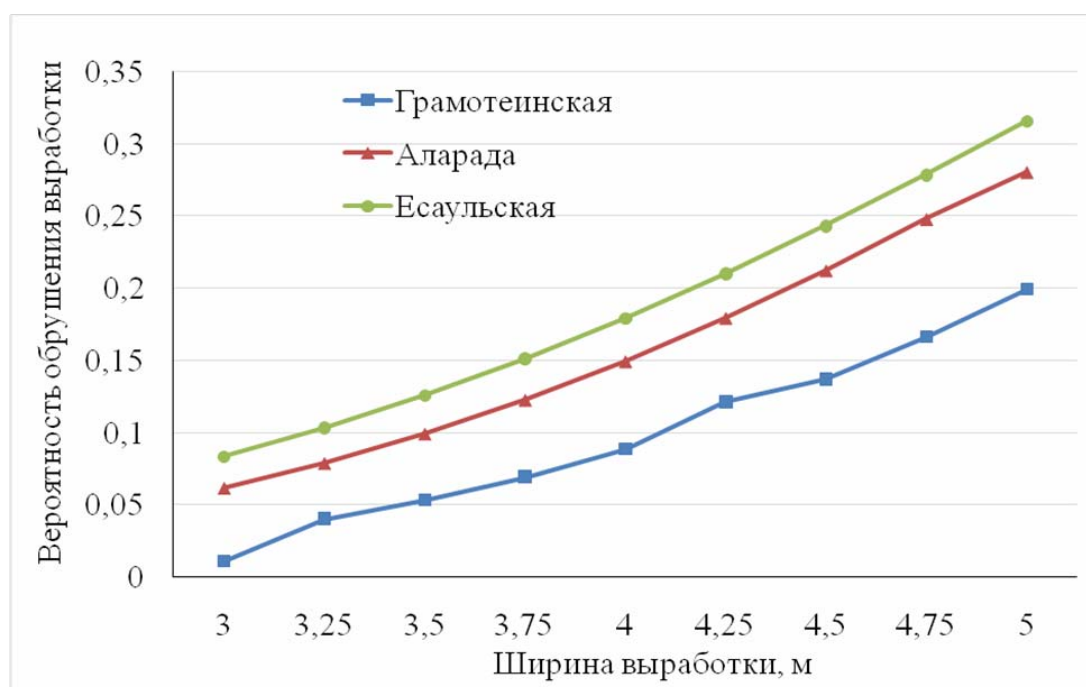
На рис. 4 приведены зависимости вероятности обрушения выработки от угла между смежными сторонами околострекового целика выработки в условиях пласта Сычевский IV шахты «Грамотеинская», пласта 26а шахты «Есаульская» и пласта 3 шахты «Аларда» по методике UNSW. На рис. 5 приведены зависимости риска обрушения выработки по методике UNSW от расстояния между сбоями, прорезающими околострековый целик, в условиях пласта Сычевский IV шахты «Грамотеинская», пласта 26а шахты «Есаульская» и пласта 3 шахты «Аларда».



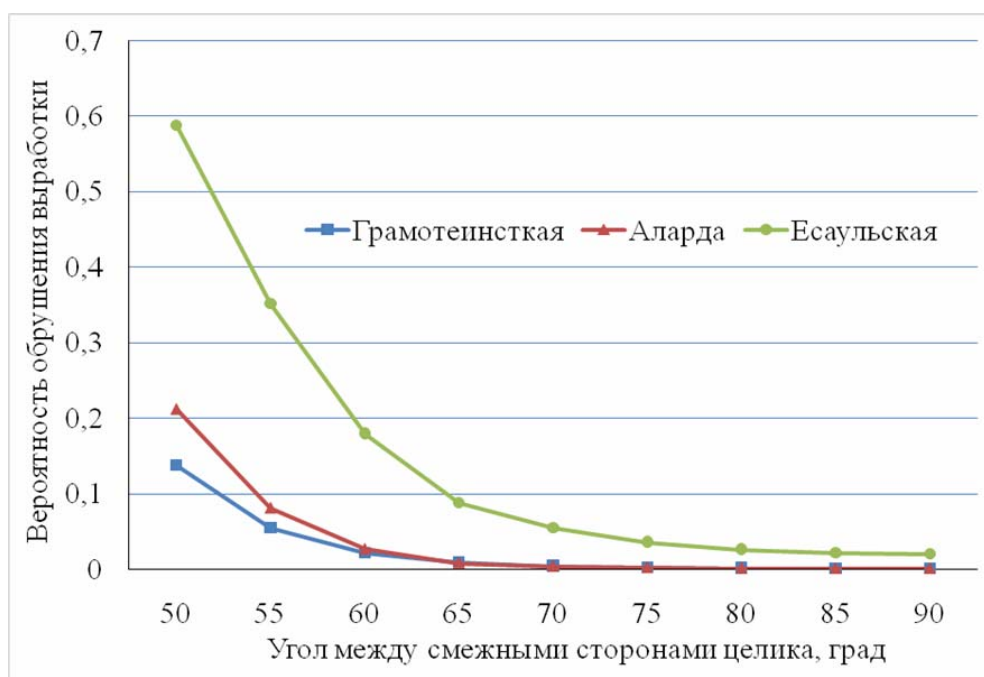
**Рис. 1. Зависимость риска обрушения выработки от ширины околоштрекового целика в условиях шахт юга Кузбасса**



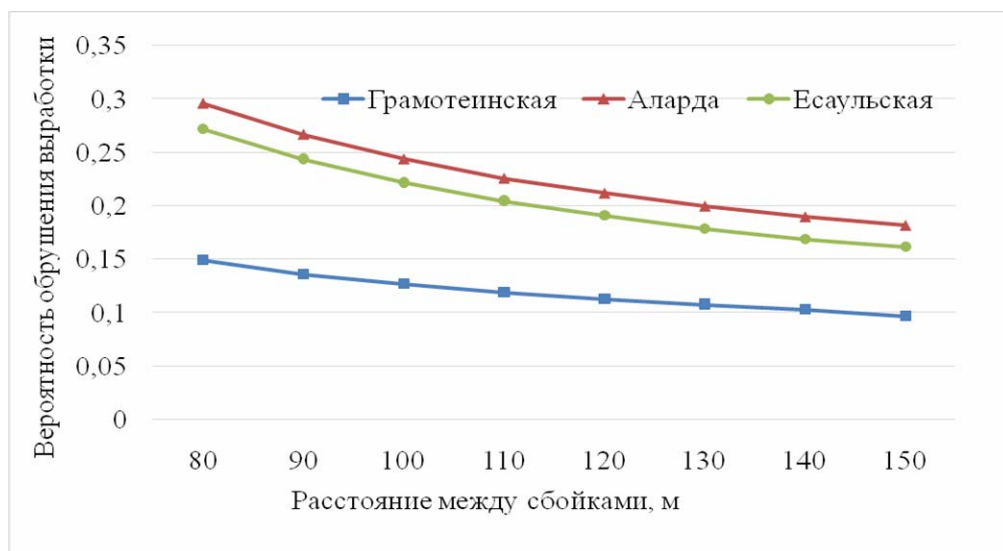
**Рис. 2. Зависимость риска обрушения выработки от глубины заложения выработки в условиях шахт юга Кузбасса**



**Рис. 3. Зависимость риска обрушения от ширины выработки в условиях шахт юга Кузбасса**

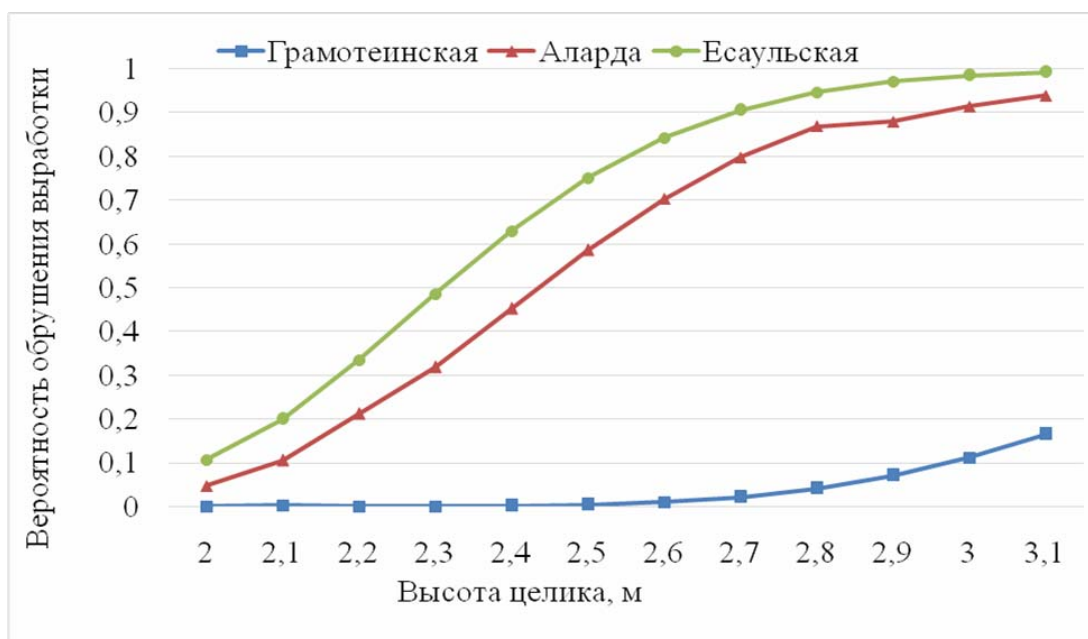


**Рис. 4. Зависимости риска обрушения выработки от угла между смежными сторонами околоштрекового целика для шахт юга Кузбасса**



**Рис. 5. Зависимости риска обрушения выработки от расстояния между сбойками в условиях шахт юга Кузбасса**

На рис. 6 приведены зависимости риска обрушения выработки от высоты целика, которая в большинстве случаев равна мощности угольного пласта.



**Рис. 6. Зависимости риска обрушения выработки от высоты околоштрекового целика в условиях шахт юга Кузбасса**

В целом методика оценки риска обрушения выработки на основе значения CMRR является более устойчивой, так как в основе ее лежит выбор табличных значений влияющих параметров и шаг их изменения при-

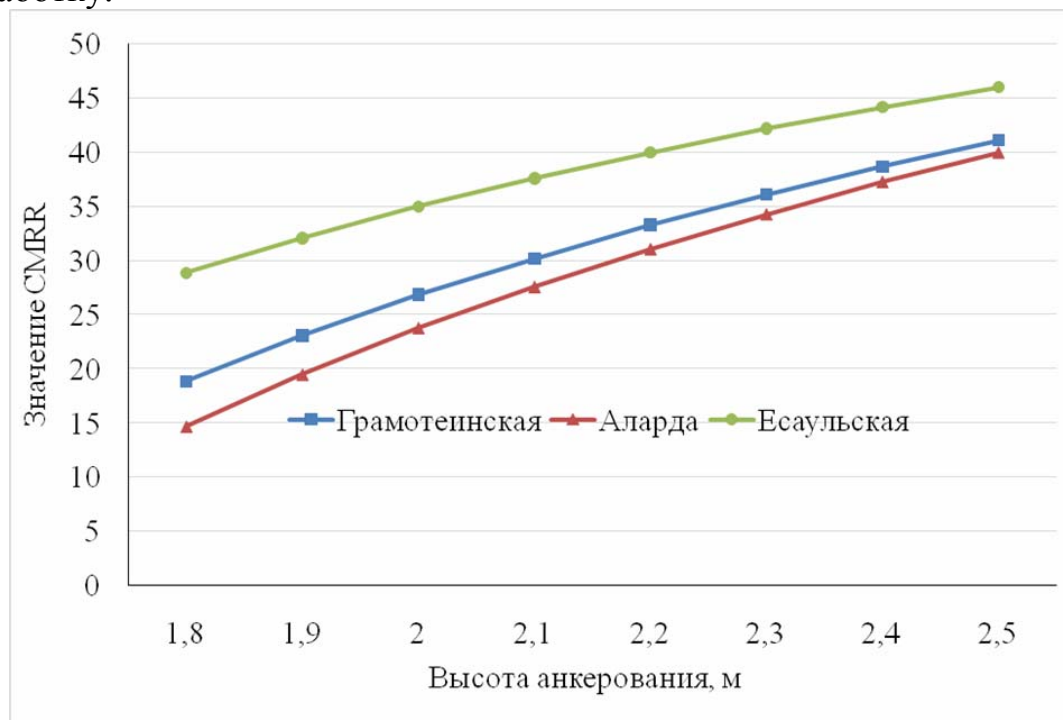
ближается к линейной зависимости. Расчетom определяется значение показателя CMRR, где в качестве основного влияющего фактора выступает высота анкерования (длина анкера),  $BI$ , м. На рис. 7 приведены зависимости значений параметра CMRR от высоты анкерования в условиях пласта Сычевский IV шахты «Грамотеинская», пласта 26<sup>а</sup> шахты «Есаульская» и пласта 3 шахты «Аларда».

На основании результатов адаптации и анализа устойчивости методик вероятности обрушения выработки в условиях шахт юга Кузбасса можно сделать следующие выводы.

1. Возможная вероятность обрушения выработки  $p_{rf}$ , может быть оценена по формуле

$$p_{rf} = \max\{\Delta p_{rf}^{CMRR}, p_{rf}^{UNSW}\} + \Delta p_{rf}^t + \Delta p_{rf}^a + \Delta p_{rf}^{mn} + \Delta p_{rf}^{ns},$$

где  $\Delta p_{rf}^{CMRR}$  - вероятность обрушения выработки по параметру CMRR;  $\Delta p_{rf}^{UNSW}$  - вероятность обрушения выработки по параметру UNSW;  $\Delta p_{rf}^t$  - дополнительное влияние длительности поддержания выработки;  $\Delta p_{rf}^a$  - дополнительное влияние плотности анкерной крепи;  $\Delta p_{rf}^{mn}$  - дополнительное влияние свиты пластов;  $\Delta p_{rf}^{ns}$  - дополнительное влияние притока воды в выработку.



**Рис. 7. Зависимости значений параметра CMRR от высоты анкерования в условиях шахт юга Кузбасса**

2. Методика на основе показателя CMRR в целом является более устойчивой к изменчивости исходных данных при достаточно широкой их номенклатуре. К недостаткам данной методики в части подготовки исходных данных следует отнести сложность идентификации ряда параметров, характеризующих массив, к отечественной классификации пород по водоненности, слоистости, трещиноватости, контактной прочности и др.

3. К недостаткам методики на основе показателя CMRR следует отнести ограниченное количество непосредственно учитываемых технологических факторов – это высота анкерования, а также (опосредованно) – ширина выработки, плотность установки анкерной крепи и длительность поддержания выработки.

4. Особенностью методики на основе показателя CMRR является большое влияние наличия прочного слоя непосредственной кровли (strongbed, SB), к которому с помощью анкеров «подшиваются» остальные слои. Однако при определенных условиях возникает парадоксальная ситуация, когда монолитная кровля оказывается менее предпочтительной, чем кровля с выделенным прочным слоем и несколькими контактами между слоями.

5. Важной особенностью обеих анализируемых методик является их ориентированность только на один тип крепи выработок – анкерную крепь. Данный подход можно считать приемлемым для угольных шахт России, разрабатывающих пологие пласты, и калийных рудников.

6. Анализ влияния высоты целика в условиях различных шахт юга Кузбасса при использовании методики UNSW выявил существенные различия в диапазонах влияния данного показателя. Для шахты «Грамотеинская» параметр оказывает существенное влияние в диапазоне 2,6 – 3,1 м, а для шахт «Есаульская» и «Аларда» - в диапазоне 2,0 – 2,9 м. В первом приближении данное различие может быть отнесено на счет дополнительного влияния глубины горных работ и существенных различий свойств вмещающих пород [9].

7. При адаптации методики UNSW установлено, что ширина окоштрекового целика более 18 м и угол примыкания смежных сторон целика более 70 – 75 градусов уже не оказывают существенного влияния на вероятность обрушения выработки. В этой связи область применения методики ограничивается шириной целика 18 – 20 м и углом примыкания 70 градусов.

### Список литературы

1. Методология анализа и оценки риска при ведении аварийно-спасательных работ на горных предприятиях /А.Н. Домрачев, В.Г. Криво-

лапов, Ю.М. Говорухин, А.В. Масленков// Кемерово, «Кузбассвуиздат». 2013. 204 с.

2. Assessing roof fall hazards for underground stone mines: a proposed methodology / A.T. Iannacchione, J. Jr. ProsserL, G.S. Esterhuizen, T.S. Bajpayee// Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2006. Inc. SME preprint 06–059.

3. Devidas S. NIMAJE, Shiva S. A. Development of software to evaluate roof fall risk in bord and pillar method - depillaring phasegeoScience Engineering Volume LXI (2015), No.2 p. 14-22, ISSN 1802-5420.

4. Molinda G.M., Mark C., Debasis D. Using the coal mine roof rating (CMRR) to assess roof stability in U.S. coal mines, Journal of Mines, Metals, and Fuels, August-September. 2001. PP. 314-321.

5. Ghasemi E., Ataei M. et al. Assessment of roof fall risk during retreat mining in room and pillar coal mines. In International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2012, vol. 54, PP. 2-9.

6. Mark C., Chase F.E. et al. Reducing the risk of ground falls during pillar recovery. In Trans. Soc. Min. Engg., 2013, vol. 314, PP. 153–160.

7. Mark G., Stewart Adam O'Rourke. Probabilistic risk assessment of mine subsidence Australian Geomechanics Vol 43 No 3 September 2008. PP. 1-12.

8. Kouros Shahriar, Kazem Oraee, Ezzeddin Bakhtavar. Roof falls: An inherent risk in underground coal mining – [Электронныйресурс] URL: [http://hdl.handle.net / 1893/2329](http://hdl.handle.net/1893/2329), [http ://icgcm. conferenceacademy. Com /CMS/ publicationsdtl. aspx](http://icgcm.conferenceacademy.Com/CMS/publicationsdtl.aspx)

9. Риб С.В., Домрачев А.Н. Разработка алгоритма оценивания напряжённо-деформированного состояния неоднородного угольного целика с использованием двух- и трёхмерной реализации метода конечных элементов // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды X Всероссийской научно-практической конференции; под общ. редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева; Сиб. гос. индустр. ун-т. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. С. 465–469.

*Домрачев Алексей Николаевич, д-р техн. наук, проф., [domrachev@zaoproxy.ru](mailto:domrachev@zaoproxy.ru), Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет,*

*Риб Сергей Валерьевич, ст. преп., [sregarib@yandex.ru](mailto:sregarib@yandex.ru), Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет,*

*Никитина Анастасия Михайловна, канд. техн. наук, доц., [nik.am\\_78@mail.ru](mailto:nik.am_78@mail.ru), Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет*

*ADAPTATION OF METHODS FOR RISK ASSESSMENT OF COLLAPSE  
OF UNDEGROUND MINE WORKINGS TO THE CONDITIONS OF THE MINES  
IN THE SOUTHERN KUZBASS*

*A. N. Domrachev, S. V. Rib, A. M. Nikitina*

*The paper outlines the adaptation of roof fall risk assessment methods. This analysis was made to find an useful method solving miner health safety problem.*

*Key words: probability of risk fall, factor of probability, adaptation of methods, roof support, expert estimation, category of risk.*

*Domrachev Alexey Nikolaevich, Doctor of Technical Science, Professor, [domrachev@zaoproxy.ru](mailto:domrachev@zaoproxy.ru), Russia, Novokuznetsk, Siberian State industrial University,*

*Rib Sergey Valerievich, Senior Lecturer, [seregarib@yandex.ru](mailto:seregarib@yandex.ru), Russia, Novokuznetsk, Siberian State industrial University,*

*Nikitina Anastasia Mikhailovna, Candidate of Technical Science, Docent, [nik.am\\_78@mail.ru](mailto:nik.am_78@mail.ru), Russia, Novokuznetsk, Siberian State industrial University*

#### Reference

1. Metodologija analiza i ocenki riska pri vedenii avarijno-spasatel'nyh rabot na gornyh predpriyatiyah /A.N. Domrachev, V.G. Kri-volapov, Ju.M. Govoruhin, A.V. Maslenkov// Kemerovo, «Kuzbassvuziz-dat». 2013. 204 s.
2. Assessing roof fall hazards for underground stone mines: a pro-posed methodology / A.T. Iannacchione, J. Jr. ProsserL, G.S. Esterhuizen, T.S. Bajpayee// Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy, and Explora-tion, 2006. Inc. SME preprint 06–059.
3. Devidas S. NIMAJE, Shiva S. A. Development of software to evaluate roof fall risk in bord and pillar method - depillaring phasegeoSci-ence Engineering Volume LXI (2015), No.2 p. 14-22, ISSN 1802-5420.
4. Molinda G.M., Mark C., Debasis D. Using the coal mine roof rat-ing (CMRR) to assess roof stability in U.S. coal mines, Journal of Mines, Metals, and Fuels, August-September. 2001. PP. 314-321.
5. Ghasemi E., Ataei M. et al. Assessment of roof fall risk during re-treat mining in room and pillar coal mines. In International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2012, vol. 54, PP. 2-9.
6. Mark C., Chase F.E. et al. Reducing the risk of ground falls during pillar recovery. In Trans. Soc. Min. Engg., 2013, vol. 314, PP. 153–160.
7. Mark G., Stewart Adam O'Rourke. Probabilistic risk assessment of mine subsidence Australian Geomechanics Vol 43 No 3 September 2008. PP. 1-12.
8. Kouros Shahriar, Kazem Oraee, Ezzeddin Bakhtavar. Roof falls: An inherent risk in underground coal mining – [Jelektronnyjresurs] URL: <http://hdl.handle.net/1893/2329>, <http://icgcm.conferenceacademy.Com/CMS/publicationsdtl.aspx>
9. Rib S.V., Domrachev A.N. Razrabotka algoritma ocenivaniya naprjazhjonno-deformirovannogo sostojaniya neodnorodnogo ugol'nogo celika s ispol'zovaniem dvuh- i trjohmernoj realizacii metoda konech-nyh jelementov // Sistemy avtomatizacii v obrazovanii, nauke i proiz-vodstve: Trudy X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Pod obshh. redakciej S.M. Kulakova, L.P. Myshljaeva; Sib. gos. industr. un-t. Novokuzneck: Izd. centr SibGIU, 2015. S. 465–469.

## **ГЕОМЕХАНИКА**

УДК 622.258

### **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЖЕСТКОЙ АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ С ПРОТЯЖЕННЫМИ ЗВЕНЬЯМИ ПРОВОДНИКОВ**

Ю.В. Вчерашняя

*Установлено, что на основе анализа температурной работы звена проводника в вентиляционных стволах, начиная с глубин 50 м, могут применяться звенья проводников длиной 75 м. Для снижения металлоемкости жесткой армировки перспективным является применение протяженных звеньев проводников длиной 25 - 75 м, закрепленных в стволе на облегченных анкерных опорах. Их напряженно-деформированное состояние определяется амплитудой колебаний температуры воздуха в стволе, раз-  
мерами температурных зазоров между звеньями, а также величинами возникающих в конструкции стыковых и опорных сопротивлений.*

*Ключевые слова: вертикальный ствол, армировка, проводник, температурная деформация, напряжения.*

Основными конструкциями вертикальных стволов шахт и рудников являются крепь, предназначенная для сохранения проектного положения сечения ствола и его гидрозащиты, и армировка, обеспечивающая направленное и безаварийное движение по стволу подъемных сосудов (скапов, клетей) с заданной интенсивностью.

В типовой жесткой армировке вертикальных стволов в качестве проводников широко используются рельсы Р43 и Р50 длиной 12,5 м. Стыки звеньев проводников располагаются на несущих ярусах армировки и характеризуется достаточно большой металлоемкостью и трудоемкостью их устройства [1-4]. В соответствии с пунктом 2.34 [5] «при монтаже металлических проводников следует учитывать, что максимальный зазор в стыке звеньев при наименьшей температуре в стволе не должен превышать 6 мм. В период эксплуатации при максимальной температуре в стволе этот

зазор должен быть не менее 1 мм. Чтобы обеспечить указанные зазоры, необходимо учитывать максимальный перепад температуры при монтаже и в условиях эксплуатации с учетом коэффициента температурного расширения материала проводников». Вместе с тем конкретные рекомендации по обеспечению данного требования отсутствуют. Величина максимального зазора очевидно обусловлена тем, что такое температурное перемещение незакрепленное звено проводника длиной 12,5 м приобретает при изменении температуры на 40 °С (см. выражение (1)).

В тоже время, выполненные в работах [6,7] исследования показали, что амплитуда колебаний температуры воздуха в стволах может достигнуть подобных значений только в устьевой части воздухоподающих стволов. При достижении глубин 300 м она не превышает 20 °С, а на глубинах более 700 м – 15 °С с учетом максимальных суточных отклонений.

В нормах проектирования железнодорожных путей, в том числе для подземных сооружений, максимальные зазоры нормируются в зависимости от температурных параметров и длины рельсов. Пример таких рекомендаций для тоннелей метрополитенов приведен в таблице [8].

**Величины нормальных зазоров в рельсовых стыках в тоннелях метрополитенов**

| Температура рельса, град | Величина нормального зазора, мм в зависимости от длины рельса и типа участка |                     |           |                                           |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------|-------------------------------------------|
|                          | Рельсы длиной 12,5 м на наземном участке                                     | Рельсы длиной 25 м  |           | Рельсовые плети в тоннеле длиной до 300 м |
|                          |                                                                              | на наземном участке | в тоннеле |                                           |
| +50 ÷ +40                | 3,0                                                                          | 0,0                 | 0,0       |                                           |
| +40 ÷ +35                |                                                                              | 1,5                 |           |                                           |
| +35 ÷ +30                | 4,5                                                                          | 3,0                 | 0,0       |                                           |
| +30 ÷ +25                |                                                                              | 4,5                 |           |                                           |
| +25 ÷ +20                | 6,0                                                                          | 6,0                 | 2,0       | 3,0                                       |
| +20 ÷ +15                |                                                                              | 7,5                 |           |                                           |
| +15 ÷ +10                | 7,5                                                                          | 9,0                 | 4,5       | 6,0                                       |
| +10 ÷ +5                 |                                                                              | 10,5                |           |                                           |
| +5 ÷ 0                   | 9,0                                                                          | 12,0                | 7,0       | 9,0                                       |
| 0 ÷ -5                   |                                                                              | 13,5                |           |                                           |
| -5 ÷ -10                 | 10,5                                                                         | 15,0                | 9,0       | 12,0                                      |
| -10 ÷ -15                | 12,0                                                                         | 16,5                |           |                                           |
| -15 ÷ -20                |                                                                              | 18,0                |           |                                           |
| -20 ÷ -25                | 13,5                                                                         | 19,5                |           |                                           |
| -25 ÷ -30                |                                                                              | 21,0                |           |                                           |
| -30 ÷ -40                | 15,0                                                                         | 21,0                |           |                                           |
| -40 ÷ -50                | 16,5                                                                         | 21,0                |           |                                           |
| -50 ÷ -60                | 18,0                                                                         | 21,0                |           |                                           |

В этой связи представляется актуальным применение в стволах ветвей проводников, состоящих из протяженных звеньев, кратных 25 м. Это позволит значительно снизить трудоемкость монтажа, уменьшить металлоемкость конструкций, обеспечить большую плавность движения подъемного сосуда по стволу. Соединение отдельных рельсов может осуществляться по мере спуска протяженного звена в ствол на нулевой раме при помощи сварки по аналогии с технологией монтажа трубопроводов. Для закрепления проводников целесообразно использовать облегченные анкерные опоры, конструкция которых подробно рассмотрена в работах [9, 10].

Рассмотрим в связи с этим работу ветви проводника, закрепленной к крепи ствола на консольных несущих элементах, которая состоит из протяженных звеньев, кратных 25 м, и выполним обоснование параметров армировки с учетом температурных деформаций и возможного максимального раскрытия температурного зазора – 12 мм.

При рассмотрении звена проводника как свободно деформирующейся стойки величина температурного перемещения (удлинения или укорочения) может быть найдена из выражения:

$$\Delta h_{\text{полн}}^{\text{св}} = \alpha h_{\text{зв}} \Delta t_{\text{max}}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения материала проводника,  $\alpha = 0,0000118$  1/град;  $h_{\text{зв}}$  – длина звена проводника, м;  $\Delta t_{\text{max}}$  – максимальное отклонение температуры воздуха в стволе от ее начального значения (при монтаже), град.

Таким образом, при длине звена проводника 25 м удлинение составит 0,295 мм/град, при  $h_{\text{зв}}=50$  м – 0,59 мм/град, при  $h_{\text{зв}}=50$  м – 0,59 мм/град и т.д.

В звене проводника, закрепленном на анкерных опорах, развитию температурных перемещений препятствуют силы сопротивления узлов крепления проводников к анкерным опорам. Общую величину опорного сопротивления можно определить по формуле

$$R_{\text{оп}} = \frac{\sum R_i}{h_{\text{зв}}}, \quad (2)$$

где  $\sum R_i$  – суммарное сопротивление узлов крепления звена проводника продольному перемещению.

Величина изменения температуры, при котором происходит преодоление сопротивления узлов крепления на анкерных опорах можно определить из выражения

$$\Delta t_{R_{\text{оп}}} = \frac{R_{\text{оп}} h_{\text{зв}}}{50F}, \quad (3)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения проводника, м<sup>2</sup>.

Соответствующее нереализованное температурное перемещение звена проводника составит

$$\Delta h_n = \frac{\alpha l_{зв}^2 \Delta t_{Rоп}}{2}. \quad (4)$$

С учетом данных закономерностей рассмотрим цикл температурных деформаций длинного звена проводника в смонтированной ветви.

Монтаж армировки целесообразно производить при температуре, близкой к максимальным среднегодовым значениям температуры воздуха в стволе. Данная величина принимается за начальную температуру  $t_0$ . Начальный зазор между звеньями проводника в этом случае можно принять равным 2 мм.

После закрепления звена проводника на анкерных опорах продольные перемещения концов звена происходят с преодолением стыковых и погонных сопротивлений.

В случае понижения температуры в звене проводника возникают температурные силы

$$N_t = R_c = \alpha E F \Delta t_{Rc}, \quad (5)$$

где  $R_c$  – величина стыкового сопротивления звеньев проводника;  $E$  – модуль упругости материала проводника,  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа.

Соответствующие температурные напряжения в проводнике составляют  $\sigma = 25 \Delta t_{Rc}$ , нереализованное температурное перемещение  $\Delta h_n = \alpha l_{зв} \Delta t_{Rc}$ .

С учетом выражения (5) преодоление стыкового сопротивления в стыке происходит при значении температуры

$$\Delta t_{Rc} = \frac{R_c}{25F}. \quad (6)$$

При дальнейшем увеличении температуры происходит постепенное преодоление погонного сопротивления анкерных опор и изменение конструктивного зазора между звеньями проводников на величину:

$$\Delta h_{Rc} = \frac{R_{оп} h_{зв}^2}{4EF}. \quad (7)$$

Преодоление стыкового и опорного сопротивления происходит при изменении температуры на величину  $\Delta t_{Rc} + \Delta t_{Rоп}$ , после чего происходит дальнейшее температурное перемещение проводника с соответствующим увеличением конструктивного зазора до максимального значения при достижении максимально низкой температуры воздуха в стволе  $t_{min}$ . Величина изменения конструктивного зазора на этой стадии деформирования может быть определена из выражения

$$\Delta h = \alpha h_{зв} (\Delta t_{max} - (\Delta t_{Rc} + \Delta t_{Rоп})) \quad (8)$$

Не следует принимать параметры армировки, при которых происходит увеличение максимального значения зазора в стыке  $\Delta h_{\max} > 1,2$  мм и возникновение в узле крепления стыка ветви проводника предельного состояния первой группы. Соответствующее выражение можно представить в виде

$$\alpha E F \Delta t_{\text{кр}} \leq [F_6], \quad (9)$$

где  $\Delta t_{\text{кр}}$  – критическое изменение температуры, град;  $[F_6]$  – прочность болтов стыка на срез, Н.

При повышении температуры звено проводника также проходит несколько стадий деформирования. Сначала изменение температуры вызывает уменьшение продольных сил  $N_t$ . При изменении температуры на величину  $\Delta t_{R_c}$  они полностью исчезают, при этом для начала процесса перемещения рельса в сторону уменьшения конструктивного зазора и возникновения продольных сил в звене проводника равных  $N_t = R_c$  необходимо изменение температуры еще на величину  $\Delta t_{R_c}$ .

По мере дальнейшего изменения температуры происходит перемещение концов звеньев ветви проводника и уменьшение величины стыкового зазора. При этом на преодоление сил погонного сопротивления от узлов крепления на анкерных опорах необходима температура, равная  $2\Delta t R_{\text{оп}}$ .

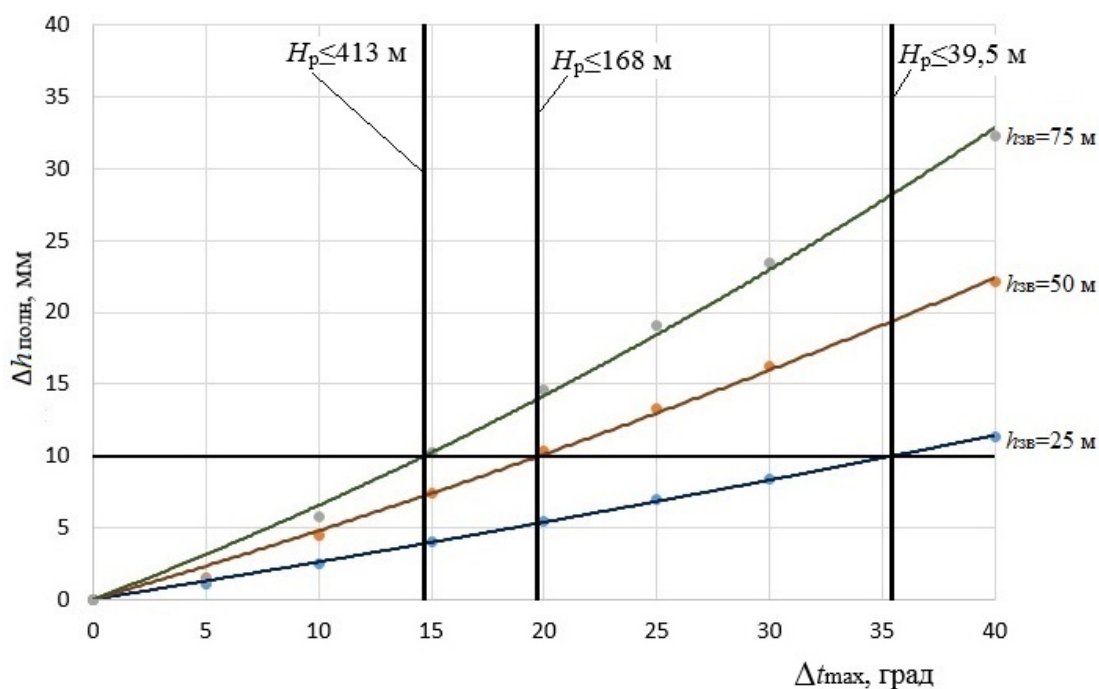
При правильно подобранных параметрах армировки при достижении максимально возможной температуры воздуха в стволе на рассматриваемой глубине величина стыкового зазора станет равной нулю. В случае, если максимальная фактическая температура превысит расчетную, в узле стыка возникнут сжимающие усилия, которые могут привести к развитию поперечных деформаций проводника в горизонтальной плоскости. Соответствующее условие прочности можно представить в виде

$$N_{\text{сж}} = \alpha E F \Delta t_{\text{кр.н}} + \frac{\sum R_i h_{\text{зв}}}{2} \leq [N_{\text{сж}}], \quad (10)$$

где  $\Delta t_{\text{кр.н}}$  – критическое изменение температуры (недопустимый нагрев звена проводника), град;  $[N_{\text{сж}}]$  – максимально допустимое сжимающее усилие, являющееся функцией боковой жесткости звена проводника, Н.

В соответствии с рассмотренным алгоритмом и данными по закономерностям температурных колебаний в воздухоподающих стволах выполнена серия расчётов безъярусной армировки с типовыми параметрами.

Результаты расчетов для условий Донбасса при проводниках Р50 представлены в виде графиков на рисунке.



**Графики изменения размеров зазоров в стыках звеньев армировки при различных отклонениях температуры воздуха в стволе**

Установлено, что с учетом кратности звена проводника 25 м в воздухоподающих стволах с глубины 50 м возможно применение звеньев проводников 25 м, с глубины 175 м – звеньев высотой 50 м, с глубины 425 м – звеньев высотой 75 м. При дополнительном обосновании и четкого соблюдения температурного режима в подземных выработках в вентиляционных стволах, начиная с глубин 50 м, могут применяться звенья проводников длиной 75 м. Устьевые участки стволов всех типов глубиной до 25 м следует армировать стандартными звеньями проводников высотой 12,5 м.

**Список литературы**

1. Прокопов А.Ю., Плешко М.С. Совершенствование безрасстрельной армировки вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2002. №10. С.240–243.
2. Страданченко С.Г., Прокопов А.Ю., Плешко М.С. Инновационные подходы к проектированию крепи и армировки глубоких шахтных стволов // Наука та прогресс транспорту. 2008. № 21. С. 187–192.
3. Плешко М.С., Прокопов А.Ю., Басакевич С.В. Исследование работы участка крепления безрасстрельной армировки вертикального ствола при комплексном действии нагрузок // Известия высших учебных заведе-

ний. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2007. №4. С.84–86.

4. Прокопов А.Ю., Страданченко С.Г., Плешко М.С. Новые решения в проектировании жесткой армировки вертикальных стволов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2005. Т. 216. С. 216.

5. Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт. ВНИИГМ им. М.М. Федорова. Донецк, 1985. 160 с.

6. Прокопов А. Ю. Проектирование жестких армировок вертикальных стволов с учетом сезонных колебаний температуры конструкций // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. №10. С.263–270.

7. Страданченко С.Г., Прокопов А.Ю., Богомазов А.А. Исследование влияния температурных колебаний на состояние жесткой армировки воздухоподающих стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. №11. С. 310–314.

8. Инструкция по текущему содержанию пути и контактного рельса метрополитенов. М.: ХА «Метро», 2005. 159 с.

9. Вчерашняя Ю.В. Оценка несущей способности узлов крепления безъярусной армировки глубоких вентиляционных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. №1. С. 379–388.

10. Вчерашняя Ю.В. Анализ напряженно-деформированного состояния безъярусной армировки вентиляционных стволов при различных параметрах узлов крепления // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2015. №4. С. 15 - 19.

*Вчерашняя Юлия Валерьевна, аспирант, [vcherashnyay@mail.ru](mailto:vcherashnyay@mail.ru), Россия, Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей сообщения*

#### *RATIONALE PARAMETERS OF THE HARD MINE SHAFT EQUIPMENT LONG LINKS GUIDES*

*J.V.Vcherashnyaya*

*It's established that sections of guides with length of 75 m. can be used in ventilation shafts from depths are equal to 50 m. Using lengthy sections of guides with length of 25 – 75 m., fastened in the shaft at light-weight anchorage bearings is perspective. Their mode of de-formation depends on air temperature disturbance amplitude in the shaft, sizes of temperature clearances between the sections and butting and supporting stresses.*

*Key words: vertical shaft, equipment, guide, air temperature deformation, stress.*

*Vcherashnyaya Yliya Valerievna, Post Graduate Student, [vcherashnyay@mail.ru](mailto:vcherashnyay@mail.ru), Rostov-on-Don, Rostov State University of communication lines*

Reference

1. Prokopov A.Ju., Pleshko M.S. Sovershenstvovanie bezras-strel'noj armirovki vertikal'nyh stvolov // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2002. №10. S.240–243.
2. Stradanchenko S.G., Prokopov A.Ju., Pleshko M.S. Innovaci-onnye podhody k proektirovaniju krepj i armirovki glubokih shaht-nyh stvolov // Nauka ta progress transportu. 2008. № 21. S. 187–192.
3. Pleshko M.S., Prokopov A.Ju., Basakevich S.V. Issledovanie raboty uchastka krep-lenija bezrasstrel'noj armirovki vertikal'nogo stvola pri kompleksnom dejstvii nagruzok // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki. 2007. №4. S.84–86.
4. Prokopov A.Ju., Stradanchenko S.G., Pleshko M.S. Novye re-shenija v proektirovanii zhestkoj armirovki vertikal'nyh stvolov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki. 2005. T. 216. S. 216.
5. Metodika rascheta zhestkih armirovok vertikal'nyh stvolov shaht. VNIIGM im. M.M. Fedorova. Doneck, 1985. 160 s.
6. Prokopov A. Ju. Proektirovanie zhestkih armirovok vertikal'nyh stvolov s uchem sezonnyh kolebanij temperatury konstruk-cij // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2009. №10. S.263–270.
7. Stradanchenko S.G., Prokopov A.Ju., Bogomazov A.A. Issledo-vanie vlijanija temperaturnyh kolebanij na sostojanie zhestkoj armirovki vozduhopodajushhih stvolov // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2009. №11. S. 310–314.
8. Instrukcija po tekushhemu sodержaniju puti i kontaktnogo rel'sa metropolitenov. M.: HA «Metro», 2005. 159 s.
9. Vcherashnjaja Ju.V. Ocenka nesushhej sposobnosti uzlov krep-lenija bez#jarusnoj armirovki glubokih ventiljacionnyh stvolov // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2016. №1. S. 379–388.
10. Vcherashnjaja Ju.V. Analiz naprjazhenno-deformirovannogo so-stojanija bez#jarusnoj armirovki ventiljacionnyh stvolov pri razlich-nyh parametrah uzlov krep-lenija // Vestnik Rostovskogo gosudarstven-nogo universiteta putej soobshhenija. 2015. №4. S. 15 - 19.

УДК 622.364.1

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИФФУЗИИ ЖИДКИХ ПРИМЕСЕЙ В ОЧИСТНЫХ ФИЛЬТРАХ СИСТЕМЫ ШАХТНОГО ВОДООТЛИВА

Н.М. Качурин, Вал. В. Сенкус, Т.В. Корчагина, В.В. Левковская

*Доказано, что при очистке жидкости от примесей в очистном фильтре значимым является только конвективный диффузионный поток. Обосновано допущение о том, что концентрация примеси в плоскости произвольного поперечного сечения фильтра равна некоторому среднему значению. Показано, что эффективность фильтрационной очистки подземных вод в системе шахтного водоотлива зависит от скорости фильтрации загрязненной воды и константы скорости сорбции примеси, характеризующей физико-химические свойства используемого сорбента.*

*Ключевые слова: подземные воды, очистной фильтр, жидкая примесь, загрязнение, шахтный водоотлив, скорость фильтрации, константа скорости сорбции, эффективность очистки воды.*

Перенос примесей в очистных фильтрах происходит путем диффузии. Различают три вида диффузии - молекулярную, конвективную и турбулентную. Интенсивность переноса характеризуется величиной диффузионного потока. Диффузионный поток представляет собой объем примеси, проходящей через единичную площадь в единицу времени:  $j = M_T / (S \cdot t)$ , где  $j$  - диффузионный поток;  $M_T$  - масса примеси, прошедшей через поверхность  $S$  за период времени  $t$ .

В соответствии с видами диффузии различают и три вида диффузионных потоков - молекулярный, конвективный и турбулентный.

Конвективный газовый поток можно определить следующим образом:  $j_k = G / S = G_c / S = uc \Rightarrow j_k = Vc$ , где  $j_k$  - конвективный газовый поток;  $G_c$ ,  $G$  - масса примеси и жидкости, проходящие через поверхность  $S$  в единицу времени;  $c$  - концентрация примеси в жидкости;  $V$  - главный вектор скорости фильтрационного переноса жидкости в очистном фильтре. В проекциях на оси координат можно записать

$$j_{kx} = uc, \quad j_{ky} = vc, \quad j_{kz} = wc, \quad (1)$$

где  $u$ ,  $v$ ,  $w$  - составляющие вектора скорости воздуха по координатным осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  соответственно.

Молекулярный диффузионный поток определяется следующей феноменологической закономерностью (законом Фика):  $j_m = -D_m \text{grad } c$ , где  $j_m$  - молекулярный газовый поток;  $D_m$  - коэффициент молекулярной диффузии;  $\text{grad } c$  - градиент концентрации примеси. Известно, что градиент

скалярной величины (в данном случае такой величиной является концентрация  $c$ ) представляет собой вектор, направленный в сторону наибольшего возрастания поля скалярной величины. Следовательно, знак минус в правой части уравнения Фика означает, что примесь в воздухе распространяется в сторону уменьшения ее концентрации. Турбулентный диффузионный поток определяется также по закону Фика, который следующий вид:  $\mathbf{j}_t = -D_m \text{grad } c$ , где  $D_m$  - коэффициент турбулентной диффузии. Многочисленные исследования показали [1], что при очистке жидкости от примесей в очистном фильтре значимым является только конвективный диффузионный поток.

Уравнение диффузии примеси в жидкости отражает закон сохранения массы. Для получения этого уравнения рассмотрим объем воздуха  $\Omega$ , ограниченный поверхностью  $S$ , в котором происходит поглощение примеси сорбентом фильтра с интенсивностью  $I = \partial a / \partial t$ . За счет диффузии примесь будет удаляться из объема  $\Omega$ , проходя через поверхность  $S$ . Выделим на этой поверхности участок  $dS$  настолько малый, что его кривизной можно пренебречь, тогда масса газа, проходящего через этот участок в единицу времени, будет равна  $\mathbf{j}_k dS$ .

Количество газа, прошедшего в единицу времени через всю поверхность  $S$ ,

$$\oiint_S \mathbf{j}_k dS. \quad (2)$$

Изменение массы газа в единицу времени в элементарном объеме  $d\Omega$  будет равно  $(-\partial c / \partial t + I) d\Omega$ , где  $-\partial c / \partial t$  - скорость изменения массы примеси в единичном объеме жидкости за счет диффузионного переноса (знак минус показывает, что масса примеси убывает).

Изменение массы газа во всем объеме  $\Omega$  в единицу времени равно

$$\iiint_{\Omega} \left( -\frac{\partial c}{\partial t} + I \right) d\Omega. \quad (3)$$

По закону сохранения массы количество примеси, ушедшей через поверхность  $S$ , равно изменению количества примеси в объеме  $\Omega$ , т.е. интегралы (2) и (3) равны между собой:

$$\oiint_S \mathbf{j}_k dS = \iiint_{\Omega} \left( -\frac{\partial c}{\partial t} + I \right) d\Omega. \quad (4)$$

По формуле Остроградского-Гаусса

$$\oiint_S \mathbf{j}_k dS = \iiint_{\Omega} \text{div}(\mathbf{j}_k) d\Omega.$$

Тогда можно записать, что

$$\iiint_{\Omega} \left[ \frac{\partial c}{\partial t} + \operatorname{div}(\mathbf{j}_c) - I \right] d\Omega = 0. \quad (5)$$

Но интеграл (5) может быть равен нулю только в том случае, если подынтегральная функция равна нулю, следовательно,

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \operatorname{div}(\mathbf{j}_c) - I = 0. \quad (6)$$

Уравнение (6) является уравнением неразрывности диффузионного потока. Оно выражает в математическом виде закон сохранения массы для любой гидродинамической системы. Если выразить конвективный диффузионный поток через его составляющие, то получим,

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(cu) + \frac{\partial}{\partial y}(cv) + \frac{\partial}{\partial z}(cw) = I(x, y, z, t). \quad (7)$$

Уравнение (7) представляет собой основное уравнение конвективной диффузии жидких примесей в загрязненных подземных водах. Решение этого уравнения для конкретных граничных и начальных условий позволяет получить в явном или численном виде поле концентраций  $c$ .

Этот подход универсален и может быть использован для любых схем фильтрационной очистки загрязненных вод и любых конструкций фильтров.

Для реальных очистных фильтров можно принять допущение о том, что концентрация примеси в плоскости произвольного поперечного сечения фильтра равна некоторому среднему значению, тогда уравнение (7) в этом случае примет вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} &= \frac{\partial a}{\partial t} \\ \frac{\partial a}{\partial t} &= -Kc \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

где  $K$  – константа скорости сорбции примеси.

Таким образом, получим,

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} = -Kc. \quad (9)$$

Начальные и граничные условия при этом будут иметь следующий вид:

$$c(x, 0) = c_0 = \text{const}; \quad c(0, t) = C_H = \text{const}. \quad (10)$$

Используя преобразование Лапласа, уравнение (9) можно представить в виде

$$\frac{dc_L}{dx} + \frac{K+s}{u} \left( c_L - \frac{c_0}{K+s} \right) = 0, \quad (11)$$

где  $c_L$  - изображение концентрации  $c$ ;  $s$  - комплексный параметр.

Решая уравнение для граничного условия  $c_L(0) = C_H / s$ , получим

$$c_L = \frac{c_0}{K + s} + \left( \frac{C_H}{s} - \frac{c_0}{K + s} \right) \exp\left(-\frac{K + s}{u} x\right). \quad (12)$$

Переходя к оригиналу выражения (12), можно записать,

$$c(x, t) = c_0 \exp(-Kt) + \left\{ C_H \exp\left(-\frac{Kx}{u}\right) - c_0 \exp\left[-K\left(\frac{x}{u} + t\right)\right] \right\} \sigma_0\left(t - \frac{x}{u}\right), \quad (13)$$

где  $\sigma_0(t - x/u)$  - единична функция Хевисайда.

Зависимость (13) целесообразно представить в виде

$$c(x, t) = \begin{cases} c_0 \exp(-Kt) & \text{при } t < \frac{x}{u}, \\ c_0 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{Kx}{u}\right) \right] \exp(-Kt) + C_H \exp\left(-\frac{Kx}{u}\right) & \text{при } t \geq \frac{x}{u}. \end{cases} \quad (14)$$

Тогда на выходе из фильтра концентрация примеси будет определяться по формуле

$$C_K(t) = c(l, t) = c_0 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{Kl}{u}\right) \right] \exp(-Kt) + C_H \exp\left(-\frac{Kl}{u}\right). \quad (15)$$

Введем:

$$C_* = \frac{C_K(t)}{c_0} - \frac{C_H}{c_0} \exp\left(-\frac{Kl}{u}\right); \quad \omega = \frac{Kl}{u}; \quad \tau = Kt.$$

Используя эти обозначения, зависимость (15) можно представить в безразмерном виде:

$$C_* = [1 - \exp(-\omega)] \exp(-\tau). \quad (16)$$

Результаты вычислительного эксперимента с использованием зависимости (16) наглядно иллюстрируют, что зависимость (15) достаточно быстро стремиться к стационарному распределению концентрации примеси на выходе из фильтра. Эффективность очистки загрязненной воды в фильтре ( $\eta$ ) в общем случае будет изменяться во времени:

$$\eta = \frac{C_H - C_K(t)}{C_H} = 1 - \frac{c_0}{C_H} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{Kl}{u}\right) \right] \exp(-Kt) - \exp\left(-\frac{Kl}{u}\right). \quad (17)$$

Рассмотрим предельные значения функции (17) при  $t \rightarrow \infty$ :

$$\eta_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} \eta; \quad \eta_\infty = 1 - \exp\left(-\frac{K}{u} l\right). \quad (18)$$

Следовательно, эффективность очистки загрязненной воды в фильтре при инженерных расчетах будет определяться по формуле (18).

Формула (18) позволяет определить длину очистного фильтра при заданных значениях требуемой эффективности очистки, скорости фильтрации загрязненной воды и константы скорости сорбции примеси:

$$L_{\phi} = \frac{u}{K} \ln \frac{1}{1 - \eta_{\infty}^*}, \quad (19)$$

где  $\eta_{\infty}^*$  - требуемая эффективность очистки подземных вод, заданная санитарными нормами.

Таким образом, теоретические положения моделирования диффузии жидких примесей в очистных фильтрах можно сформулировать следующим образом.

1. При очистке жидкости от примесей в очистном фильтре значимым является только конвективный диффузионный поток, а молекулярным и турбулентным диффузионными потоками можно пренебречь.

2. В реальных очистных фильтрах можно принять допущение о том, что концентрация примеси в плоскости произвольного поперечного сечения фильтра равна некоторому среднему значению.

3. Величина концентрации примеси на выходе из фильтра в общем случае является функцией времени, которая достаточно быстро стремиться к некоторому стационарному значению.

4. Эффективность фильтрационной очистки подземных вод в системе шахтного водоотлива зависит от скорости фильтрации загрязненной воды и константы скорости сорбции примеси, характеризующей физико-химические свойства используемого сорбента.

### Список литературы

1. Качурин Н.М., Ефимов В.И., Воробьев С.А. Методика прогнозирования экологических последствий подземной добычи угля в России // Горный журнал. № 9. 2014. С. 138-142.
2. Scientific and practical results of monitoring of anthropogenic influence on mining-industrial territories environment / N.M. Kachurin, S.A. Vorobev, T.V. Korchagina, R.V. Sidorov // Eurasian Mining. 2014. №2. P. 44-48.
3. Грязев М.В., Качурин Н.М., Захаров Е.И. Тульский государственный университет: 85 лет на службе отечеству // Горный журнал. 2016. №2. С. 25-29.
4. Перспективы восстановления и комплексного развития Подмосковного бурогоугольного бассейна / Н.М. Качурин, С.А. Воробьев, П.В. Васильев, С.М. Богданов // Горный журнал. 2016. №2. С. 30-35.
5. Качурин Н.М., Левкин Н.Д., Комиссаров М.С. Геоэкологические последствия добычи угля в Подмосковном бассейне. Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. 286 с.

6. Качурин Н.М., Левкин Н.Д., Комиссаров М.С. Геоэкологические проблемы угледобывающих регионов. Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. 560 с.
7. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Наука, 1977. 664 с.
8. Техногенное загрязнение природной среды / Э.М. Соколов, Н.М. Качурин, Н.И. Мелехова, В.А. Гречишкин. Тула: Изд-во «Шар», 1998. 97 с.
9. Расчет и проектирование гидромеханических исполнительных органов проходческих комбайнов / Н.М. Качурин, В.А. Бреннер, А.Б. Жабин, М.М. Щеголевский, И.М. Лавит // М. Издательство МГГУ. 2003. 293с.
10. Разрушение горных пород шарошками и диспергирование примесей в жидкостях / Н.М. Качурин, В.А. Бреннер, А.Б. Рогов, П.В. Трусов // Москва; Тула: Изд-во «Гриф и К», 2003. 330 с.

*Качурин Николай Михайлович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, [ecology@tsu.tula.ru](mailto:ecology@tsu.tula.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Сенкус Валентин Витаутасович, канд. техн. наук, начальник горного отдела, [senkus@yandex.ru](mailto:senkus@yandex.ru), Россия, Новокузнецк, ООО «Проектгидроуголь-Н»,*

*Корчагина Татьяна Викторовна, канд. техн. наук, зам. директора, [t.korchagina@pk-ugol.ru](mailto:t.korchagina@pk-ugol.ru), Россия, Прокопьевск, ООО «Прокопгипроуголь»,*

*Левковская Валентина Владимировна, инж., [levkovskaya.valentina@yandex.ru](mailto:levkovskaya.valentina@yandex.ru), Россия, Тула, ОАО «Тулагипрохим»*

#### THEORETICAL PRINCIPALS OF MODELING LIQUID ADMIXTURES DIFFUSION IN CLEANING FILTERS OF MINE DRAINAGE SYSTEM

*N.M. Kachurin, Val. B. Senkus, T.V. Korchagina, V.V. Levkovskay*

*It's proved that only convective diffusion flow is meaningful by cleaning liquids from admixtures in cleaning filter. The assumption about admixture concentration in unconditioned flatness cross section filter is equal to some average value was substantiated. It's shown that efficiency of filtration cleaning underground water in mine drainage system depends from polluting water filtration velocity and admixture sorption rate constant which characterizing physical-chemical properties of used sorbent.*

*Key words: underground water, cleaning filter, liquid admixture, polluting, mine drainage, filtration velocity, sorption rate constant, water cleaning efficiency.*

*Kachurin Nikolai Michailovich, Doctor of Sciences, Full Professor, Head of a chair, [ecology@tsu.tula.ru](mailto:ecology@tsu.tula.ru), Russia, Tula, Tula State University,*

*Senkus Valentin Vitautasovich, Candidate of Technical Sciences, Head of Mining Department, [senkus@yandex.ru](mailto:senkus@yandex.ru), Russia, Novokuznetsk, ООО «Proektgidrougol-N»*

*Korchagina Tatiyna Victorovna, candidate of technical sciences, deputy director, [t.korchagina@pk-ugol.ru](mailto:t.korchagina@pk-ugol.ru), Russia, Prokopievsk, OOO "Prokopgiprougol",*

*Levkovskaya Valentina Vladimirovna, engineer, [levkovskaya.valentina@yandex.ru](mailto:levkovskaya.valentina@yandex.ru), Russia, Tula, PLC "Tulagiprochim",*

#### Reference

1. Kachurin N.M., Efimov V.I., Vorob'ev S.A. Metodika pro-gnozirovaniya jekologicheskikh posledstvij podzemnoj dobychi uglja v Ros-sii. Gornyj zhurnal. № 9. 2014. S. 138-142.
2. Scientific and practical results of monitoring of anthropogenic influence on mining-industrial territories environment / N.M. Kachurin, S.A. Vorobev, T.V. Korchagina, R.V. Sidorov // Eurasian Mining. 2014. №2. P. 44-48.
3. Grjazev M.V., Kachurin N.M., Zaharov E.I. Tul'skij gosudarstvennyj universitet: 85 let na sluzhbe otechestvu. Gornyj zhurnal. 2016. №2. S. 25-29.
4. Perspektivy vosstanovlenija i kompleksnogo razvitija Podmoskovnogo burougol'nogo bassejna / N.M. Kachurin, S.A. Vorob'ev, P.V. Vasil'ev, S.M. Bogdanov // Gornyj zhurnal. 2016. №2. S. 30-35.
5. Kachurin N.M., Levkin N.D., Komissarov M.S. Geojekologicheskie posledstviya dobychi uglja v Podmoskovnom bassejne // Tula. Izdatel'stvo TulGU. 2011. 286 c.
6. Kachurin N.M., Levkin N.D., Komissarov M.S. Geojekologicheskie problemy ugledobyvajushhih regionov // Tula. Izdatel'stvo TulGU. 2011. 560 c.
7. Polubarinova-Kochina P.Ja. Teorija dvizhenija gruntovyh vod / M. Nauka. 1977. 664 s.
8. Tehnogennoe zagriznenie prirodnoj sredy / Je.M. Sokolov, N.M. Kachurin, N.I. Melehova, V.A. Grechishkin // Tula. Izdatel'stvo «Shar». 1998. 97 s.
9. Raschet i proektirovanie gidromehanicheskikh ispolnitel'nyh organov prohodcheskich kombajnov / N.M. Kachurin, V.A. Brenner, A.B. Zhabin, M.M. Shhegolevskij, I.M. Lavit // M. Izdatel'stvo MGGU. 2003. 293s.
10. Razrushenie gornyh porod sharoshkami i dispergirovanie primesej v zhidkostjah / N.M. Kachurin, V.A. Brenner, A.B. Rogov, P.V. Trusov // Moskva - Tula. Izdatel'stvo «Grif i K». 2003. 330 s.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГИСТРАЦИИ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ ОПОЛЗНЕЙ С ПОМОЩЬЮ GPS

Дж.Т. Мехтиев, К.Х. Исмаилов, Н.Г. Джавадов

*Разработана методика, позволяющая определить величину индекса мобильности путем проведения GPS измерений ортометрической высоты на участке накопления оползневых выбросов. Вычислены значения наименьшего пространственного шага GPS измерений при исследовании высокоскоростных оползневых процессов при использовании FS и RTK структур GPS измерений.*

*Ключевые слова: оползни, GPS измерения, регрессия, мониторинг, информация.*

Существуют несколько эмпирических методов для оценки дистанции прохождения оползневой массы, а также скорости передвижения на базе полевых наблюдений и анализа взаимосвязи между параметрами, характеризующими как оползень (т.е. объем оползневой массы) и путь прохождения (т.е. местную морфологию, наличие препятствий и т. д.), а также пройденное расстояние. Имеющиеся данные позволяют на основании простого статистического анализа выработать индексы, которые прямо или косвенно характеризуют мобильность оползней [1-6].

Согласно геометрическому подходу к определению мобильности оползней [1], дистанция прохождения ( $L$ ) определения в качестве горизонтальной проекции линии, соединяющей верхнюю часть источника оползня и конечный край оползневых отложений (рис. 1).

В работе [1] приведены уравнения многократной регрессии, связывающие основные показатели геометрии оползневых процессов для случая, когда оползневые обломки вываливаются на горизонтальную плоскость. Эти уравнения в общем случае имеют вид

$$\log L = a_1 + a_2 \log H - a_3 \log(\operatorname{tg} \delta), \quad (1)$$

где:  $a_i$ ,  $i = \overline{1,3}$ , постоянные коэффициенты;  $H$  – высота схода;  $\delta$  – угол склона.

В работе [1] также приведены регрессионные уравнения следующего типа

$$\log L = b_1 + b_2 \log H - b_3 \log(V / W), \quad (2)$$

где:  $b_i$ ,  $i = \overline{1,3}$ , постоянные коэффициенты;  $V$  – объем оползня;  $W$  – ширина оползня.

Согласно работе [7], для оценки мобильности оползневых процессов используются индексы мобильности в виде

$$\chi_1 = L / H , \quad (3)$$

которые в скоротечных оползневых процессах прямо пропорциональны объему  $V$ .

Также существует индекс мобильности  $\chi_2$ , определяемый как

$$\chi_2 = A / V^{\frac{2}{3}} , \quad (4)$$

где:  $A$  – планиметрическая площадь.

Регрессионные линии зависимостей  $\chi_1$  от  $V$  и  $A$  от  $V$  показаны на рис. 2 а, б соответственно.

Практическая польза от регрессионных линий, представленных на рис. 2 а, б, заключается в установлении статистической связи между  $L/H$  и  $A$ , минуя показатель  $V$ . Так, для определения индекса  $\chi_1$  можно предложить следующую методику измерения с применением GPS.

1. Для оценки планиметрической площади  $A$  проводятся GPS измерения ортометрической высоты. Определяется площадь местности, где наблюдается аномальный рост ортометрической высоты [4].

2. Используя регрессионную линию, показанную на рис. 2 б определяется величина  $V_0$ .

3. Используя выявленное значение  $V_0$  по регрессионной линии, показанной на рис. 2 а, определяем значение  $L/H$ .

Таким образом, вышеизложенная методика позволяет косвенно оценить индекс  $\chi_1$  путем проведения GPS измерений ортометрической высоты на предполагаемом участке накопления оползневых выбросов.

Рассмотрим возможности GPS для проведения динамических измерений процессов оползней.

Как отмечено в работе [8] для измерения динамических показателей оползневого процесса должны быть использованы две GPS станции, одна из которых устанавливается вблизи оползневой зоны и выполняет роль опорной станции. Другой GPS измеритель устанавливается непосредственно в зоне оползня. Обе станции в течение 15 минут синхронно принимают спутниковые данные, т.е. работают в мониторинговой фазе. При обработке данных также используется информация, полученная в течение предыдущих 5 минут (300 секунд). Выходная информация о смещениях формируется в геодезической координатной системе WGS – 84.

Как отмечается в работе [9] для осуществления мониторинга оползневых процессов могут быть использованы системы типа FS и RTK.

На рис. 3 приведены схемы реализации FS и RTK методов.

FS метод является дальнейшим развитием классического метода. При этом для измерения базового расстояния с использованием данных из шести или более спутников требуется 8 минут работы в режиме приема. При использовании пяти спутников это время увеличивается до 15 мин, а при четырех спутниках требуется 20 минут работы.

В методе RTK информация от спутника принимается как на базовой станции, так и на мобильном приемнике. Базовый приемник посылает мобильному приемнику информацию о позиции последнего, а также результаты спутниковых измерений. Для определения позиции мобильного приемника дополнительно используется информация, полученная этим приемником.

При этом помехоустойчивость этого метода значительно ниже, чем помехоустойчивость FS метода.

Время измерений в RTK методе длится 1 – 10 секунд, однако для инициализации системы потребуется несколько минут.

Для оценки пространственного разрешения GPS измерений динамических процессов оползневого смещения проанализируем механические и структурные свойства обломочной массы, вырабатываемой оползневой процессом. Поток обломков при оползне содержит смесь мелкоструктурных и грубоструктурных материалов, содержащих различное количество воды. Эти обломки очень коррозивны и могут вызвать значительные разрушения.

Как видно из данных, представленных в табл. 2 наименьший пространственный шаг GPS измерений при исследовании высокоскоростных оползневых процессов обеспечивается при использовании RTK структуры измерений. Вместе с тем, низкая помехоустойчивость этого метода оправдывает использование FS структуры измерений в указанных целях.

**Таблица 1**

**Общепринятая классификация оползневых процессов по динамическим показателем [10]**

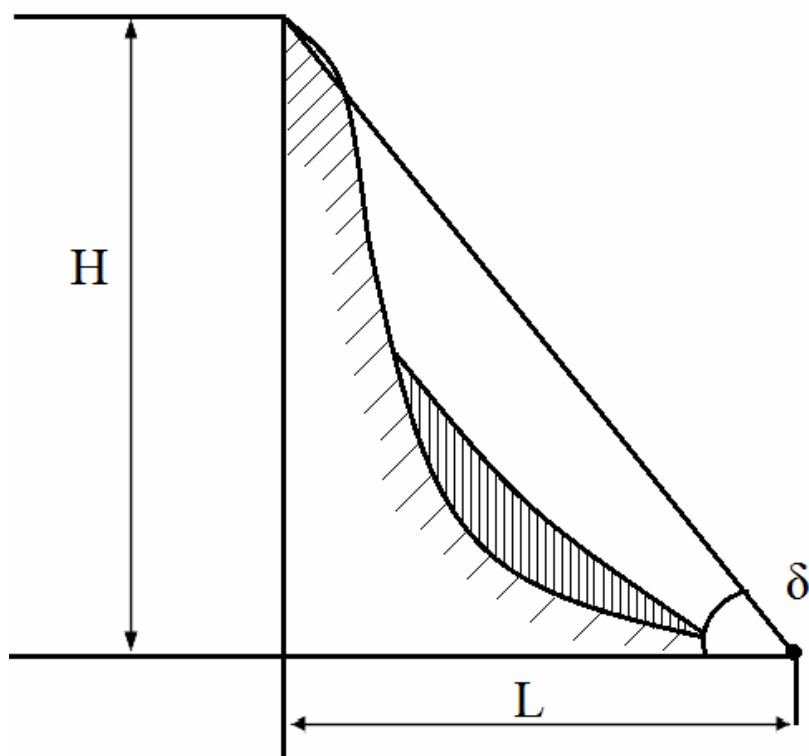
| Оценка темпа движения          | Класс скорости | Предел скорости | Скорость (мм/сек)          |
|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------------------|
| Чрезвычайно быстрое движение   | 7              | 5 м/сек         | $5 \cdot 10^3$ мм/сек      |
| Очень быстрое движение         | 6              | 3 м/мин         | 50 мм/сек                  |
| Быстрое движение               | 5              | 1,8 м/час       | 0,5 мм/сек                 |
| Умеренное движение             | 4              | 13 м/месяц      | $5 \cdot 10^{-3}$ мм/сек   |
| Медленное движение             | 3              | 1,6 м/год       | $50 \cdot 10^{-6}$ мм/сек  |
| Очень медленное движение       | 2              | 16 мм/год       | $0,5 \cdot 10^{-6}$ мм/сек |
| Чрезвычайно медленное движение | 1              |                 |                            |

В табл. 2 приведены значения пространственного шага дискретных измерений осуществление которых возможно с помощью FS и RTK структур GPS измерений.

**Таблица 2**

**Значения пространственного шага дискретных измерений  
осуществление которых возможно с помощью FS и RTK структур  
GPS-измерений**

| Класс скорости | Скорость (мм/сек) | FS                    |                        |                       | RTK (10 секунд)       |
|----------------|-------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                |                   | 6 спутников (8 минут) | 5 спутников (15 минут) | 4 спутника (20 минут) |                       |
| 7              | 5 м/сек           | 2400 м                | 4500 м                 | 6000 м                | 50 м                  |
| 6              | 3 м/мин           | 24 м                  | 45 м                   | 60 м                  | 0,5 м                 |
| 5              | 1,8 м/час         | 0,24 м                | 0,45 м                 | 0,6 м                 | $0,5 \cdot 10^{-2}$ м |



**Рис. 1. Геометрическая интерпретация показателей оползня:  
H – высота вертикального обвала; L – дистанция прохождения;  
δ – угол склона**

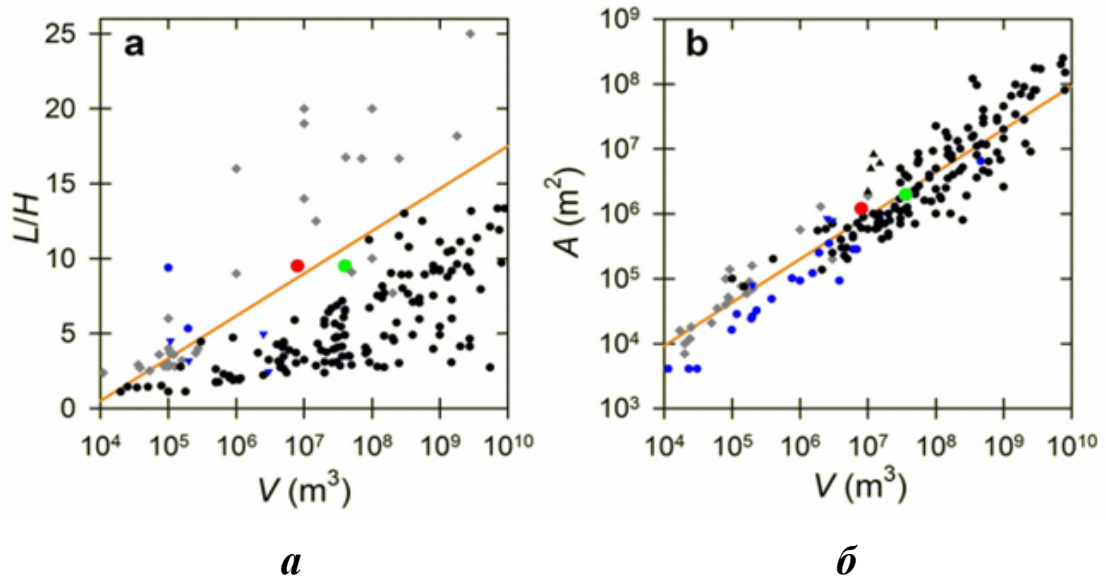
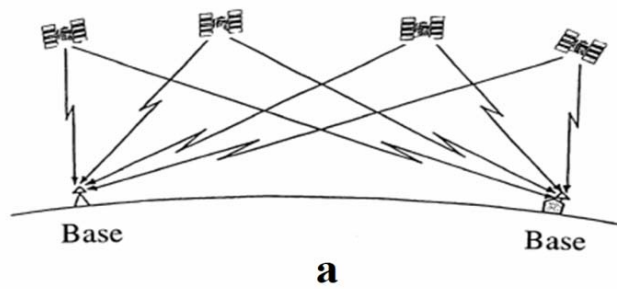


Рис. 2. Регрессионные линии зависимости  $\chi_1$  от  $V$ (a) и  $A$  от  $V$ (б)

**F.S.**



**R.T.K.**

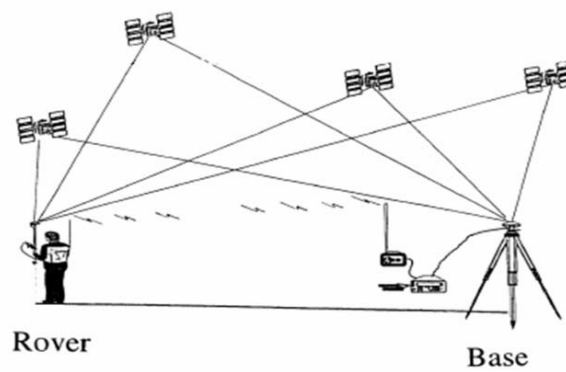


Рис. 3. Схематическое представление реализации структур FS (a) и RTK GPS (б) измерений

В заключение сформулируем основные выводы и положения проведенного исследования.

1. Разработана методика, позволяющая определить величину индекса мобильности путем проведения GPS-измерений ортометрической высоты на участке накопления оползневых выбросов.

2. Вычислены значения наименьшего пространственного шага GPS-измерений при исследовании высокоскоростных оползневых процессов при использовании FS- и RTK-структур.

В табл. 1 приведены общепринятая классификация оползневых процессов по динамическим показателем [10].

### Список литературы

1. Hungr O., Corominas J., Eberhardt E. Estimating Landslide motion mechanism, travel distance and velocity.

2. Ekstöm G., Stark C.P. Simple scaling of catastrophic landslide dynamics. 2014, Science 339, 1416-1419. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1232887>.

3. Farin M., Mangeney A., Roche O. Fundamental changes of granular flow dynamics, deposition and erosion processes at high slope angles: insights from laboratory experiments. 2014. J. Geophys. Res., Earth Surf. 119, 504-532. <http://dx.doi.org/10.1002/2013JF002750>.

4. George D.L., Iverson R.M. A depth-averaged debris-flow model that includes the effects of evolving dilatancy: 2. Numerical predictions and experimental tests. 2014. Proc. R. Soc. Lond. Ser. A 470, 20130820. <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.2013.0820>.

5. Griswold J.P., Iverson R.M. Mobility statistics and automated hazard mapping for debris flows and rock avalanches. 2008. U.S. Geol. Surv. Sci. Invest. Rep. 2007-5276. 59 p. <http://pubs.usgs.gov/sir/2007/5276/>.

6. Haugerud R.A. Preliminary interpretation of pre-2014 landslide deposits in the vicinity of Oso, Washington. U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. P. 2014-1065.

7. Iverson R.M., George D.L., Allstadt K., Reid M.E., Collins B.D., Vallance J.W., Schilling S.P., Godt J.W., Cannon C.M., Magirl C.S., Baum R.L., Coe J.A., Schulz W.H., Bower J.B. Landslide mobility and hazards: implications of the 2014 Oso disaster. Earth and Planetary Science Letters, 412, (2015), P. 197-208.

8. Mohd Bukari S., Mohd Masirin M.I., Zainorabidin A. Prediction of potential landslide hazardous location using GPS mapping. Faculty of Civil & Environmental Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Beg Bercunci 101, 86400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia. Wijeyesekera D.C. School of Computing & Technology, University of London, 4-6 Univer-

sity Way, London E16 2RD, United Kingdom. <http://www.researchgate.net/publication/267385135>

9. Gili J.A., Corominas J., Rius J. Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring. *Engineering Geology* 55, (2000), P. 167 – 192.

10. Nettleton I.M., Martin S., Hencher S., Moore R. Debris flow types and mechanisms. In Press. Debris flows from the perspective of the Scottish Highlands. *Proceedings, 11th International Conference on Landslides, Norway, 1-10 September 2005.*

*Мехтиева Джавид Теймур оглы, асп., [mehdiyevdj@mail.ru](mailto:mehdiyevdj@mail.ru), Азербайджан, Баку, Азербайджанского университета архитектуры и строительства,*

*Исмаилов Камал Хейрадин оглы, д-р техн. наук, проф., [kamalismailov@mail.ru](mailto:kamalismailov@mail.ru), Азербайджан, Баку, Национальная академия авиации,*

*Джавадов Натиغ Гаджи оглы, д-р техн. наук, проф., ген. директор, [djavadov1955@mail.ru](mailto:djavadov1955@mail.ru), Азербайджан, Баку, ПО Промавтоматика*

#### *RESEARCH OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF REGISTRATION OF HIGH SPEED PROCESSES OF LANDSLIDES USING GPS*

*Dj.T.Mehdiyev, K.Kh. Ismailov, N.H. Djavadov*

*The methodics making it possible to determine the quantity of mobility index using the GPS measurements of orthometric height at side of accumulation of landslides emissions is developed. The values of the minimum spatial step of GPS measurements upon research of high-speed landslide processes using the FS and RTK structures of GPS measurement are calculated.*

*Key words: landslides, GPS measurements, regression, monitoring, information.*

*Mehtiyev Dgavid Teimur ogli, Post Graduate Student, [mehdiyevdj@mail.ru](mailto:mehdiyevdj@mail.ru), Azerbaijan, Baku, AzerbaijanUniversity of Architecture and Construction,*

*Ismailov Kamal Heiraddin ogli, Doctor of Sciences, Full Professor, [kamalismailov@mail.ru](mailto:kamalismailov@mail.ru), Azerbaijan, Baku, National Academy of Aviation,*

*Djavadov Natig Gadji ogli, Doctor of Sciences, Full Professor, Generl Director, [djavadov1955@mail.ru](mailto:djavadov1955@mail.ru), Azerbaijan, Baku, PO "Promavtomatika"*

#### *Reference*

1. Hungr O., Corominas J., Eberhardt E. Estimating Landslide motion mechanism, travel distance and velocity.
2. Ekstöm G., Stark C.P. Simple scaling of catastrophic landslide dynamics. 2014, *Science* 339, 1416-1419. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1232887>.

3. Farin M., Mangeney A., Roche O. Fundamental changes of granular flow dynamics, deposition and erosion processes at high slope angles: insights from laboratory experiments. 2014. *J. Geophys. Res., Earth Surf.* 119, 504-532. <http://dx.doi.org/10.1002/2013JF002750>.
4. George D.L., Iverson R.M. A depth-averaged debris-flow model that includes the effects of evolving dilatancy: 2. Numerical predictions and experimental tests. 2014. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. A* 470, 20130820. <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.2013.0820>.
5. Griswold J.P., Iverson R.M. Mobility statistics and automated hazard mapping for debris flows and rock avalanches. 2008. *U.S. Geol. Surv. Sci. Invest. Rep.* 2007-5276. 59 p. <http://pubs.usgs.gov/sir/2007/5276/>.
6. Haugerud R.A. Preliminary interpretation of pre-2014 landslide deposits in the vicinity of Oso, Washington. *U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. R.* 2014-1065.
7. Iverson R.M., George D.L., Allstadt K., Reid M.E., Collins B.D., Vallance J.W., Schilling S.P., Godt J.W., Cannon C.M., Magirl C.S., Baum R.L., Coe J.A., Schulz W.H., Bower J.B. Landslide mobility and hazards: implications of the 2014 Oso disaster. *Earth and Planetary Science Letters*, 412, (2015), R. 197-208.
8. Mohd Bukari S., Mohd Masirin M.I., Zainorabidin A. Prediction of potential landslide hazardous location using GPS mapping. Faculty of Civil & Environmental Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Beg Bercunci 101, 86400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia. Wijeyesekera D.C. School of Computing & Technology, University of London, 4-6 University Way, London E16 2RD, United Kingdom. <http://www.researchgate.net/publication/267385135>
9. Gili J.A., Corominas J., Rius J. Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring. *Engineering Geology* 55, (2000), R. 167 – 192.
10. Nettleton I.M., Martin S., Hencher S., Moore R. Debris flow types and mechanisms. In Press. Debris flows from the perspective of the Scottish Highlands. *Proceedings, 11th International Conference on Land-slides, Norway, 1-10 September 2005*.

## РАЗУПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ УСТУПОВ ПРИ СЕЗОННОМ ПРОМЕРЗАНИИ ПОРОДЫ

А.Ю. Чебан, А.А. Соболев

*Предлагается технологическая схема и оборудование для разупрочнения сезонно промерзшей поверхности уступов путем нарезания щелей дискофрезерным рабочим оборудованием. На Дальнем Востоке глубина промерзания пород в феврале месяце достигает 2,5 м, что в ряде случаев затрудняет ведение горных работ. Данная технология позволит отказаться от ведения буровзрывных работ и снизить себестоимость добываемого полезного ископаемого.*

*Ключевые слова: технологии; полезные ископаемые; глубина промерзания; уголь; подготовка пород к выемке; экскаватор; фреза.*

Российская Федерация обладает крупнейшими разведанными запасами различных полезных ископаемых. Минерально-сырьевой комплекс исключительно важен для поддержания устойчивого состояния экономики России, а в будущем может создать условия для успешного технологического развития базовых отраслей перерабатывающей промышленности [1]. В настоящее время важными направлениями развития горной отрасли является комплексное освоение минеральных ресурсов месторождений, повышение производительности труда путем внедрения прогрессивных технологий и снижение отрицательного экологического воздействия горных работ на окружающую среду [2-3].

На Дальнем Востоке России ведется добыча различных полезных ископаемых, в том числе драгоценных, черных и цветных металлов, бурого и каменного угля. Практически во всех субъектах Дальнего Востока осуществляется добыча угля, крупными угледобывающими регионами являются республика Саха-Якутия и Приморский край, значительные объемы угля добываются в Амурской области и Хабаровском крае [4-5]. Добыча угля ведется круглогодично, причем около 70 % угля обеспечивает открытая разработка месторождений [6].

Вскрышные породы многих дальневосточных карьеров (разрезов), например Райчихинского, Лучегорского, Ерковецкого угольных и ряда других представлены мелкозернистыми наносными породами (глинами, суглинками, супесями), которые при промерзании обладают относительно высокой прочностью и повышенным сопротивлением выемке, что приводит к значительным сложностям при разработке вскрыши в холодное время года. Даже в южных регионах Дальнего Востока (Амурская область, Хабаровский и Приморский край) длительность сезонного промерзания пород превышает 5...6 месяцев, при этом глубина промерзания достигает 2,0-

2,5 м, а иногда и более. Таким образом, продолжительная и холодная зима накладывает ограничения на ведение горных работ в Сибирских и Дальневосточных регионах России [7].

В ноябре месяце при небольшой глубине промерзания (до 0,5...0,7 м) карьерные экскаваторы, осуществляющие вскрышные работы, достаточно успешно «взламывают» промерзший откос непосредственно рабочим оборудованием, однако при этом на агрегаты и металлоконструкцию экскаватора воздействуют значительные динамические нагрузки, что может привести к поломке, особенно в условиях низких температур. Кроме того, из-за больших размеров ковша из массива отрываются негабаритные куски мерзлой породы, последующее разрушение которых вызывает значительное снижение производительности карьерных экскаваторов.

В связи с выше перечисленным, начиная с декабря месяца при глубине промерзания более 0,7 м, подготовка вскрышных пород к выемке ведется с применением буровзрывного способа. Ведение буровзрывных работ значительно повышает себестоимость добычи полезного ископаемого, ведет к простоям выемочной техники и оказывает отрицательное влияние на окружающую среду, а также имеет ряд других недостатков. С целью исключения буровзрывных работ из технологического процесса добычи продолжают разрабатываться новые и совершенствоваться известные технологии механического разупрочнения сезонно мерзлых пород.

Известна технология разупрочнения промерзших на небольшую глубину уступов с применением строительных экскаваторов типа «обратная лопата», оборудованных ковшами с рыхлящими зубьями на днище или дополнительными выдвижными зубьями [8-9], применение данной технологии исключает выход негабаритных кусков мерзлой породы при разработке вскрышного уступа карьерным экскаватором и снижает динамические нагрузки на его конструкцию. При увеличении глубины промерзания более 0,7 м данный тип оборудования становится малоэффективным.

Промерзший на более значительную глубину слой рабочей площадки уступа можно эффективно разрушать с помощью рыхлителей на базе тяжелых гусеничных тракторов, однако данные машины не могут обеспечить разупрочнение наклонной поверхности уступа.

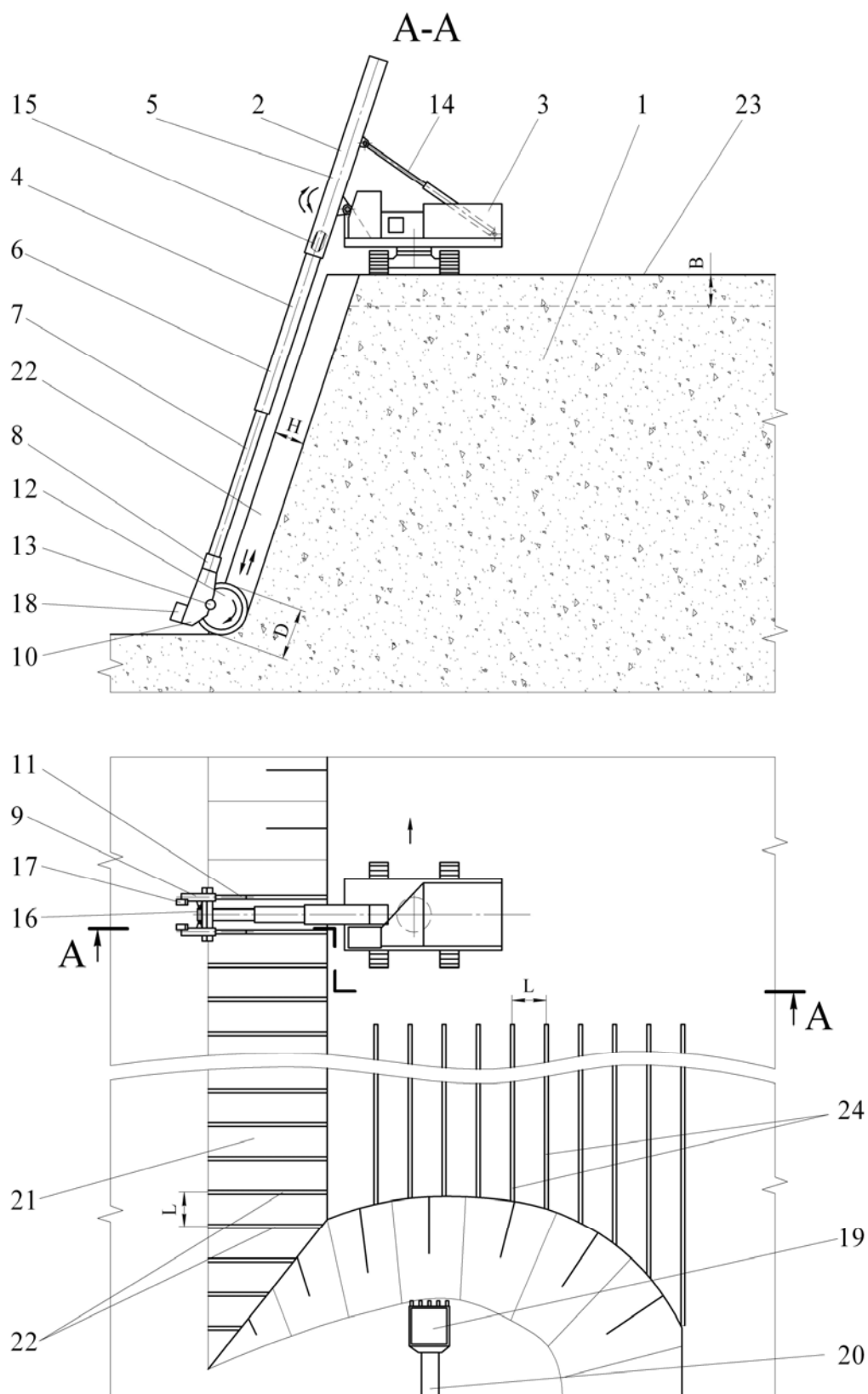
Известна технологическая схема разупрочнения промерзших уступов на угольном разрезе с применением бурового станка и роторного траншейного экскаватора [10]. Так при максимальной глубине промерзания пород в феврале-марте равной 2,0-2,5 м буровым станком обеспечивается бурение скважин параллельных откосу уступа (под углом примерно  $70^{\circ}$ ) по 3-4 скважины в ряд на всю высоту уступа с оставлением между скважинами промежутков мерзлоты, которые ковш карьерного экскаватора может выломать. Расстояние между рядами скважин принимается исходя из геометрических размеров ковша карьерного экскаватора. После работы

бурового станка роторным траншейным экскаватором ЭТР-254 на рабочей площадке уступа осуществляется копание продольных траншей шириной 1,2 м на глубину промерзания с перемычками в 1 м, с одновременной засыпкой траншей вынутой горной массой для предохранения массива от дальнейшего промерзания. Таким образом, подготавливается к выемке участок уступа длиной примерно равной сменной производительности карьерного экскаватора. К недостаткам данной технологической схемы можно отнести оставление в промерзшем откосе уступа промежутков между скважинами, в процессе разрушения которых в металлоконструкции карьерного экскаватора будут возникать значительные перегрузки, что может привести к его поломке; ослабление рабочей площадки уступа траншеями шириной 1,2 м нецелесообразно, так как это ведет к ненужному переизмельчению большого количества горной массы, а, следовательно, повышению энергоемкости работ.

Для устранения вышеперечисленных недостатков авторами предлагается технологическая схема разупрочнения уступов 1 при сезонном промерзании пород и конструкция дискофрезерного рабочего оборудования 2 экскаватора 3 (рисунок).

Поскольку ширина прорезаемой дискофрезерным оборудованием щели составляет всего 0,10...0,15 м, что на порядок меньше, чем у траншейного экскаватора, затраты мощности на привод фрезы будут относительно невелики и мощности двигателя экскаватора будет достаточно для одновременного привода двух фрез.

Рабочее оборудование экскаватора включает телескопическую стрелу 4, с коренной 5 и выдвижными 6, 7 секциями. К торцу выдвижной секции 7 крепится направляющая 8. На направляющей 8 симметрично продольной оси телескопической стрелы 4 подвижно установлены рамы 9, 10. Фрезы 11, 12 установлены соответственно на рамах 9, 10 с внецентренным зацеплением 13, что обеспечивает значительную глубину прорезаемых щелей при относительно небольшом диаметре фрез (для дискофрезерных рабочих органов с внецентренным зацеплением глубина прорезаемой щели определяется по зависимости  $H=(0,65...0,67)D$ , где  $D$  - диаметр фрезы). Управление рабочим оборудованием осуществляется с помощью гидроцилиндров поворота 14 и выдвижения 15 стрелы 4, гидроцилиндра раздвижения 16 рам 9, 10, гидромеханизмов вращения 17, 18 фрез. Рабочее оборудование экскаватора обеспечивает одновременное нарезание двух щелей, расстояние –  $L$  между которыми обеспечивается гидроцилиндром раздвижения 16 рам 9, 10 фрез. Расстояние между щелями принимается с учетом геометрических размеров ковша 19 карьерного экскаватора 20. Глубина щелей -  $H$  принимается равной глубине промерзания уступа -  $B$ .



**Схема разупрочнения сезонно промерзших поверхностей уступа экскаватором с дискофрезерным рабочим оборудованием**

Разупрочнение промерзших поверхностей уступа 1 при подготовке блока к выемке осуществляется следующим образом. Первоначально производится разупрочнение откоса 21 уступа 1 путем нарезания сверху вниз наклонных щелей 22.

Для этого телескопическая стрела 4 гидроцилиндром 14 поднимается в рабочее положение, включаются гидромеханизмы 17, 18 вращения фрез 11, 12, рабочее оборудование входит в контакт с породой, напор обеспечивается гидроцилиндром выдвижения 15 стрелы. После нарезки двух наклонных щелей 22 экскаватор 2 смещается вдоль уступа 1 на расстояние 2L к месту нарезания новых щелей. Количество щелей зависит от длины блока уступа, разрабатываемого карьерным экскаватором 20 за смену.

После нарезания наклонных щелей 22 экскаватором 2 с дискофрезерным оборудованием 3 на рабочей площадке 23 уступа 1 нарезаются горизонтальные щели 24. В результате разупрочнения промерзших поверхностей уступа за счет нарезания щелей появляется возможность разработки вскрышных пород карьерным экскаватором.

Применение предлагаемой технологии подготовки сезонно мерзлых пород к выемке позволит отказаться от проведения буровзрывных работ, снизить себестоимость добычи полезного ископаемого, исключить динамические перегрузки агрегатов и элементов металлоконструкции карьерного экскаватора, что положительно скажется на долговечности работы экскаватора, а также ограничить выход негабаритных кусков мерзлой породы.

### Список литературы

1. Ефимов В.И., Федорова Е.А., Никулин И.Б. Перспективы экономически эффективной добычи угля в России // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2015. №2. С. 90-100.
2. Захаров Е.И. Перспективы рационального использования подмосковных бурых углей // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2015. №2. С. 66-74.
3. Москаленко Т.В., Ворсина Е.В. Управление отходами горной промышленности как элемент устойчивого развития республики Саха (Якутия) // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №10. С. 98-102.
4. Чебан А.Ю., Хрунина Н.П. Техника и технологии разработки угольных разрезов Приамурья и перспективы их развития // Маркшейдерия и недропользование. 2015. №1.
5. Гаврилов В.Л., Ермаков С.А., Хосоев Д.В. Оценка состояния открытой разработки угольных месторождений Центральной и Северной

Якутии // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. №11. С. 29-36.

6. Чебан А.Ю. Выемочная техника, задействованная на угольных разрезах в южной части Дальневосточного региона // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2013. №3. С. 81-84.

7. Кисляков В.Е., Нафиков Р.З. Параметры изолирующей конструкции при дражной разработке в условиях отрицательных температур // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. №2. С.95-101.

8. Шемякин С.А., Домнин Ю.В., Крадинов И.С. Ковши одноковшовых гидравлических экскаваторов для разработки мерзлого грунта // Строительные и дорожные машины. 1982. №8. С. 4-6.

9. Шемякин С.А., Матвеев Д.Н., Чебан А.Ю. Экскаватор одноковшовый с рабочим органом двухцелевого назначения // Горное оборудование и электромеханика. 2015. №3. С. 15-19.

10. Мамаев Ю.А., Шемякин С.А. Безвзрывная технология вскрышных работ в зимний период // Горный журнал. 2001. №8. С. 24-26.

*Чебан Антон Юрьевич, канд. техн. наук, доц., ст. науч. сотрудник, [chebanay@mail.ru](mailto:chebanay@mail.ru), Россия, Хабаровск, Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук,*

*Соболев Алексей Анатольевич, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, [alexsobol@mail.ru](mailto:alexsobol@mail.ru), Россия, Хабаровск, Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук*

#### *WEAKENING SURFACE LAYER SHOULDER AT SEASONAL FREEZING BREED*

*A.Yu. Cheban, A.A. Sobolev*

*In the article the process flowsheet and equipment for softening the seasonally frozen surface of the ledges by cutting slits rotary milling work equipment. In the Far East, the depth of freezing rocks in February reaches 2.5 m, which in some cases makes it difficult to conduct mining operations. This technology will allow to refuse from conducting drilling and blasting operations and reduce the cost of extracted minerals.*

*Key words: technology; minerals; freezing depth; coal; preparation of rocks to the recess; excavator; mill.*

*Cheban Anton Yuryevich, candidate of technical science, docent, senior researcher, [chebanay@mail.ru](mailto:chebanay@mail.ru), Russia, Khabarovsk, Institute of Mining of Far East Branch of the Russian Academy of Sciences,*

*Sobolev Alexey Anatolevich, candidate of technical science, senior researcher, [alexsobol@mail.ru](mailto:alexsobol@mail.ru), Russia, Khabarovsk, Institute of Mining of Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*

## Reference

1. Efimov V.I., Fedorova E.A., Nikulin I.B. Perspektivy jeko-nomicheski jeffektivnoj dobychi uglja v Rossii. Izvestija Tul'skogo gos-udarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2015. №2. S. 90-100.
2. Zaharov E.I. Perspektivy racional'nogo ispol'zovanija pod-moskovnyh buryh uglej. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo univer-siteta. Nauki o Zemle. 2015. №2. S. 66-74.
3. Moskalenko T.V., Vorsina E.V. Upravlenie othodami gornoj promyshlennosti kak jelement ustojchivogo razvitija respubliki Saha (Jakutija). Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universi-teta. 2014. №10. S. 98-102.
4. Cheban A.Ju., Hrunina N.P. Tehnika i tehnologii razrabotki ugol'nyh raz-rezov Priamur'ja i perspektivy ih razvitija // Markshej-derija i nedropol'zovanie. 2015. №1.
5. Gavrilov V.L., Ermakov S.A., Hosoev D.V. Ocenka sostojanija otkrytoj raz-rabotki ugol'nyh mestorozhdenij Central'noj i Sever-noj Jakutii // Gornyj infor-macionno-analiticheskij bjulleten'. 2010. №11. S. 29-36.
6. Cheban A.Ju. Vyemohnaja tehnika, zadejstvovannaja na ugol'nyh razrezah v juzhnoj chasti Dal'nevostochnogo regiona. Vestnik Tihookean-skogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. №3. S. 81-84.
7. Kisljakov V.E., Nafikov R.Z. Parametry izolirujushhej kon-strukcii pri drazhnoj razrabotke v uslovijah otricatel'nyh tempera-tur. Izvestija Tul'skogo gosu-darstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2016. №2. S.95-101.
8. Shemjakin S.A., Domnin Ju.V., Kradinov I.S. Kovshi odnokov-shovyh gidrav-licheskih jekskavatorov dlja razrabotki merzlogo grunta. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 1982. №8. S. 4-6.
9. Shemjakin S.A., Matveev D.N., Cheban A.Ju. Jekskavator odno-kovshovyj s ra-bochim organom dvuhcelevogo naznachenija. Gornoe oboru-dovanie i jelektromehanika. 2015. №3. S. 15-19.
10. Mamaev Ju.A., Shemjakin S.A. Bezvzryvnaja tehnologija vskryshnyh rabot v zimnij period. Gornyj zhurnal. 2001. №8. S. 24-26.

## **ГЕОТЕХНОЛОГИЯ**

УДК 622.257.15.026:622.232.522.24

### **ГИДРОСТРУЙНАЯ ЦЕМЕНТАЦИЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Е.В. Белякова, К.А. Головин, Р.А. Ковалев, А.Б.Копылов

*Изложены основные подходы к разработке инженерной методики расчета основных параметров процесса ГСЦ при укреплении дорожного основания.*

*Ключевые слова: грунт, рациональная скорость перемещения инструмента, диаметр струеформирующей насадки, глубина цементации.*

Высокое качество дорожной сети является одним из показателей развитого промышленного потенциала государства. Особенно это утверждение актуально для условий Российской Федерации, обладающей колоссальной территорией. К сожалению, в нашей стране отсутствовали стройные, долгосрочные, последовательные программы дорожного строительства. Неслучайно, поэтому, сегодня в послании Президента Федеральному собранию, дорожному строительству уделяется значительное внимание.

Причина неудовлетворительного состояния наших дорог заключается в их недостаточной способности основания выдержать многократные нагрузки без остаточных деформаций при очевидной тенденции увеличения интенсивности движения автомобилей, осевых нагрузок и удельного веса грузовых автомобилей в составе транспортного потока. Для устранения указанной проблемы еще на этапе проектирования конструкций дорожных покрытий должны быть выполнены условия выполнения требуемой грузоподъемности почвы.

Еще однимотягающим фактором является то, что зачастую дорожное строительство ведется в сложных грунто-геологических условиях, вдали от коммуникационных путей и мест добычи строительных материалов.

Таким образом, вопрос разработки средств и методов усиления конструкции дорожного полотна, например, путем гидроструйной цементации исходных грунтов является крайне актуальным.

Грунты широко используются в качестве местных строительных материалов при сооружении дорог, аэродромов, плотин, оснований под фундаменты и т. д. Известно, что основная часть поверхности представлена дисперсными, в большинстве своём глинистыми грунтами. Дисперсные грунты отличаются большой изменчивостью свойств в зависимости от воздействия внешней среды: влаги, температуры, нагрузок и т. д. Проблема укрепления дисперсных грунтов, превращения их в полноценный строительный материал имеет большое теоретическое значение.

Таким образом, процесс закрепления грунтового массива методом ГСЦ

при дорожном строительстве, а также разработка технологической оснастки обеспечивающей реализацию ГСЦ в области ее эффективного применения в конструкциях строительных дорожных машин для придания дорожным основаниям регламентированных физико-механических свойств следует считать актуальным.

Принципиально, работы по гидроструйной цементации дорожного полотна (далее по тексту ГСЦ) могут проводиться при расположении струеформирующего устройства как непосредственно на поверхности грунта, так и некотором расстоянии от поверхности. Первая схема более предпочтительна с точки зрения увеличения эффективности воздействия на закрепляемый массив и уменьшения потерь водоцементного раствора на разбрызгивание при входе струи в грунт, поэтому к рассмотрению принимаем случай, когда струеформирующая насадка находится непосредственно на поверхности закрепляемого массива.

Процесс ГСЦ (рис. 1) осуществляется следующим образом [1-5]: в струеформирующее устройство (диаметром  $d_0$ , коэффициентом расхода  $\mu$ ) осуществляется подача водоцементного раствора (с плотностью  $\rho$ ) под высоким давлением  $P$ . После этого осуществляется перемещение струеформирующего устройства со скоростью  $V$  по поверхности закрепляемого массива.

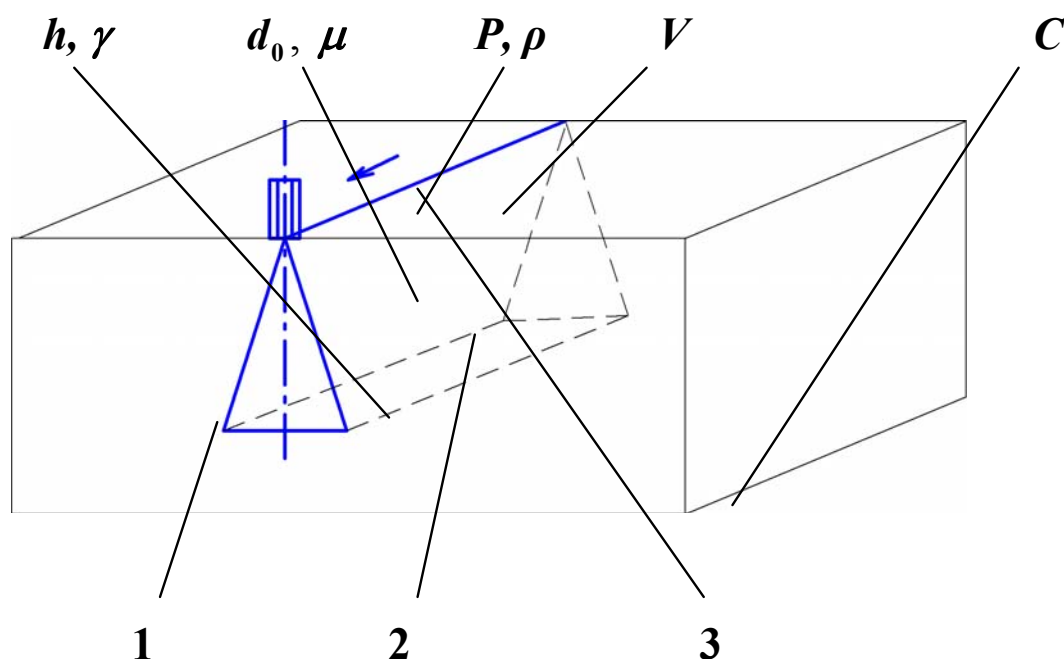
После затвердевания, формируется закрепленный массив треугольного сечения глубиной  $h$  и углом при вершине  $\gamma$ .

Все перечисленные факторы процесса ГСЦ можно разделить на следующие группы:

- конструктивные: коэффициент расхода водоцементной суспензии через струеформирующую насадку  $\mu$ , диаметр отверстия струеформирующей насадки  $d_0$ ;

- режимные: плотность водоцементной суспензии  $\rho$ , скорость перемещения инструмента  $V$ , давление водоцементной суспензии  $P$ ;
- физико-механические свойства горных пород (на основе анализа данных литературных источников в качестве критерия, характеризующего сопротивляемость грунтов гидроструйному воздействию принимаем  $C$  - коэффициент сцепления горной породы).

В качестве основных критериев оценки эффективности процесса ГСЦ горных пород были приняты следующие показатели: глубина закрепления  $h$ , скорость приращения объема закрепляемого массива  $G_0$  (производительность) и удельная энергоемкость процесса ГСЦ грунтов  $E_0$ .



**Рис. 1. Схема ГСЦ дорожного полотна:**

**1 – закрепляемое полотно; 2 – породобетон; 3 - струеформирующая насадка;  $h$  – глубина цементации, м;  $\gamma$  - угол при вершине породобетонного массива, град;  $d_0$  - диаметр струеформирующей насадки, м;  $\mu$  - коэффициент расхода через струеформирующую насадку;  $P$  - давление цементного раствора, МПа;  $\rho$  – плотность водоцементной суспензии, кг/м<sup>3</sup>;  $V$ - скорость перемещения струеформирующей насадки, м/с;  $C$  - коэффициент сцепления горной породы, МПа**

Для обобщения экспериментальных данных, полученных на кафедре ГиСПС ТулГУ, был принят за основу экспериментально-статистический метод, который предусматривал графоаналитический анализ опытных данных с применением методов теории вероятности и математической ста-

тики. При исследовании процесса ГСЦ горных пород эксперименты планировались таким образом, чтобы можно было последовательно получить качественную и количественную оценку различных влияющих параметров (факторов) и условий. Наибольший практический интерес представляет получение обобщенной зависимости, позволяющей с известной степенью точности рассчитывать глубину цементации и энергоемкость процесса ГСЦ при различных условиях [6-10].

Исследования влияния каждого из перечисленных параметров на глубину цементации приводит к построению кривых, пользоваться которыми не совсем удобно. Неудобство пользования этими кривыми заключается в том, что разрозненные частные зависимости, связывающие между собой отдельные переменные (параметры) при фиксированном значении других параметров, не объединены общим уравнением и не могут дать полной отчетливой картины процесса ГСЦ. Поэтому для получения обобщающей количественной зависимости необходимо изыскать графоаналитический метод, которых позволит обобщить объем экспериментальных данных с учетом внутренних качественных и количественных связей между параметрами зависимости.

Часть критериев в процессе экспериментальных исследований не менялись и не были учтены итоговой зависимостью.

В табл. 1 указаны диапазоны изменения основных факторов процесса ГСЦ.

**Таблица 1**

**Диапазоны изменения основных факторов процесса ГСЦ**

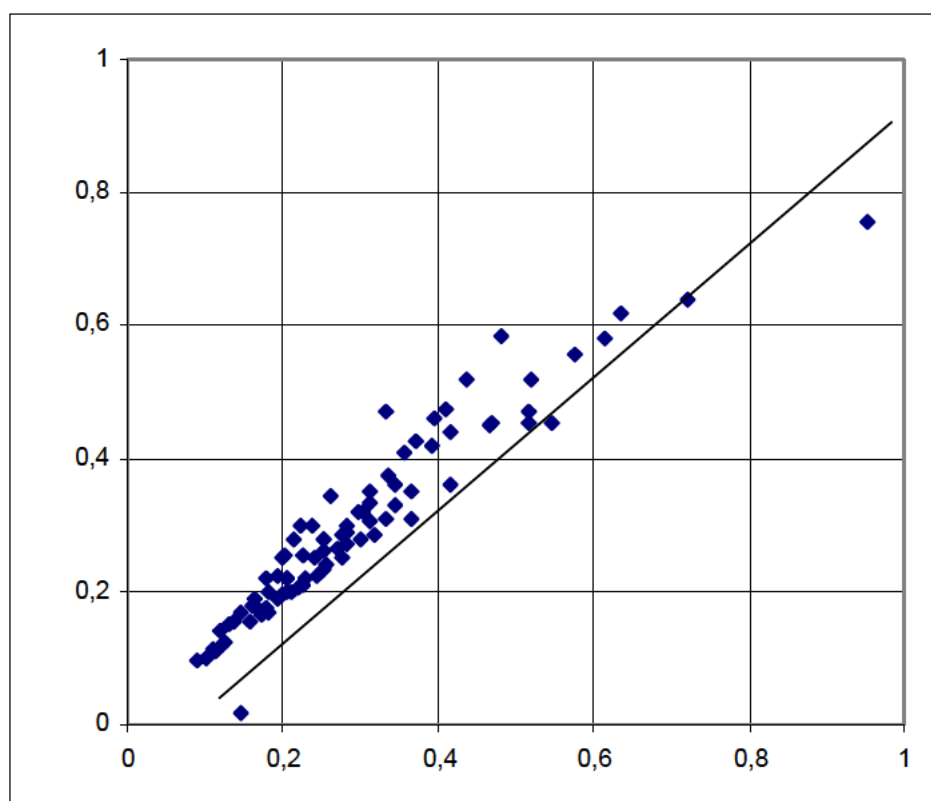
| Основные факторы                                 | Диапазон изменения |
|--------------------------------------------------|--------------------|
| Давление водоцементной суспензии - $P$ , МПа     | 40 – 60            |
| Диаметр струеформирующей насадки - $d_o$ , м     | 0,002 – 0,005      |
| Скорость перемещения буровой колонны - $V$ , м/с | 0,005 – 0,020      |
| Коэффициент сцепления горных пород - $C$ , МПа   | 0,006 – 0,064      |

Обработка массива экспериментальных данных методом множественной регрессии позволила получить обобщенную формулу для расчета диаметра закрепляемого массива:

$$h = 0,17 \frac{d_o^{1,2} P^{1,2}}{V^{0,4} C^{0,3}} \cdot \quad (1)$$

Индекс корреляции для данного выражения составил  $R = 0,88$ , критерий Фишера  $F = 65,8$ . Критическое значение критерия Фишера для зависимости (1) при 5 % уровне значимости составляет  $F_{0,05} = 5,03$ , что под-

тверждает адекватность полученного выражения экспериментальным данным.



**Рис. 2. Сопоставление экспериментальных  $h_{\text{эксп.}}$  и расчетных  $h_{\text{рас.}}$  данных**

Сопоставление экспериментальных данных с расчетными по формуле (1) показано на рис. 2. Коэффициент вариации опытных данных относительно расчетных составил  $K_{\text{вар}} = 18,2 \%$ , что указывает на удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных данных.

### Список литературы

1. Перспективы развития гидроструйных технологий в горнодобывающей промышленности и подземном строительстве / К.А. Головин, В.А. Бреннер, А.Б. Жабин, А.Е. Пушкарев, Ю.Н. Наумов, М.М. Щеголевский // Горные машины и автоматика. №5. 2002. С. 2 – 10.
2. Головин К.А. К вопросу о струйной цементации грунтов / 2-й Международный северный социально-экологический конгресс. Труды 4-й Межрегиональной научно-практической конференции «Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения», 12–14 апреля 2006 г. (Филиал СПГИ(ТУ)) Воркутинский горный институт. – Воркута, 2006 г., С. 33–37.

3. Головин К.А. Диссертационная работа «Обоснование параметров и создание оборудования для гидроструйной цементации неустойчивых пород в горном производстве».

4. Белякова Е.В., Головин К.А., Копылов А.Б. Прокладка коммуникаций под железными дорогами и автострадами бестраншейным способом. Транспортное строительство. №6, 2012. С. 10-12.

5. Особенности процесса гидроструйной цементации методом двухкомпонентной струи / Е.В. Белякова, К.А. Головин, М.В. Гарипов, А.П. Назаров // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. Вып. 2. 2012. С. 98-101.

6. Струйная цементация грунтов в городском строительстве/ И.В. Афонский, К.А. Головин, Р.А. Ковалев, Ю.Н. Пушилина // Транспортное строительство. № 11. 2014. С. 15-18.

7. Development of equipment for reinforcement of road surfaces by means of hydrojet cementation / K.A. Golovin, R.A. Kovalev, J.N. Pushilina, I.V. Afonskij // Modern Applied Science. 2015. Vol. 9. № 2. P. 62-78.

8. Головин К.А., Лебедев А.М., Пушкарев А.Е. Модель формирования струивоцементного раствора при гидроструйной цементации // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. № 11-2. С. 315-323.

9. Головин К.А., Говорова Е.В. К определению величины износа гидроструйного инструмента // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2011. № 2. С. 223-227.

10. Головин К.А., Пушкарев А.Е., Говорова Е.В. К вопросу о разработке современного гидроабразивного инструмента // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2011. № 2. С. 227-231.

*Белякова Елена Владимировна, канд. техн. наук, доцент, [kagolovin@mail.ru](mailto:kagolovin@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Головин Константин Александрович, д-р техн. наук, проф., [kagolovin@mail.ru](mailto:kagolovin@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Ковалев Роман Анатольевич, д-р техн. наук, проф., [kovalevdekan@mail.ru](mailto:kovalevdekan@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Копылов Андрей Борисович, д-р техн. наук, проф., [toolart@mail.ru](mailto:toolart@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет*

#### WATER-JET CEMENTATION AT HIGHWAY ENGINEERING

*E.V. Belykova, K.A. Golovin, R.A. Kovalev, A.B. Kopilov*

*Basic approaches to creating engineer method of calculating foundation parameters process of water-jet cementation by strengthening road base were submitted.*

*Key words: soli, rational velocity of moving instrument, diameter of stream forming head, cementation depth.*

*Belykova Elena Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Docent, [ka-golovin@mail.ru](mailto:ka-golovin@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University,*

*Golovin Konstantin Alexandrovich, Doctor of Sciences, Professor [ka-golovin@mail.ru](mailto:ka-golovin@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University,*

*Kovalev Roman Anatolievich, Doctor of Sciences, Professor, [kovalevdekan@mail.ru](mailto:kovalevdekan@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University,*

*Kopilov Andrei Borisovich, Doctor of Sciences, Professor, [toolart@mail.ru](mailto:toolart@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University*

#### Reference

1. Perspektivy razvitiya gidrostrujnyh tehnologij v gorno-dobyvajushhej promyshlennosti i podzemnom stroitel'stve / K.A. Golo-vin, V.A. Brenner, A.B. Zhabin, A.E. Pushkarev, Ju.N. Naumov, M.M. Shhegolevskij // Gornye mashiny i avtomatika. №5. 2002. S. 2 – 10.
2. Golovin K.A. K voprosu o strujnoj cementacii gruntov / 2–oj mezhdunarodnyj severnyj social'no–jekologicheskij kongress. Trudy 4–j Mezhregional'noj nauchno–prakticheskoj konferencii «Osvoenie mineral'nyh resursov Severa: problemy i reshenija», 12–14 aprelja 2006 g. (Filial SPGI(TU)) Vorkutinskij gornyj institut. – Vorkuta, 2006 g., S. 33–37.
3. Golovin K.A. Dissertacionnaja rabota «Obosnovanie paramet-rov i sozdanie oborudovanija dlja gidrostrujnoj cementacii neustoj-chivyh porod v gornom proizvodstve».
4. Beljakova E.V., Golovin K.A., Kopylov A.B. Prokladka kommu-nikacij pod zheleznyimi dorogami i avtostradami bestranshejnym spo-sobom. Transportnoe stroitel'stvo. №6, 2012. S. 10-12.
5. Osobennosti processa gidrostrujnoj cementacii metodom dvuhkomponentnoj strui / E.V. Beljakova, K.A. Golovin, M.V. Garipov, A.P. Nazarov // Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. Vyp. 2. 2012. S. 98-101.
6. Strujnaja cementacija gruntov v gorodskom stroitel'stve/ I.V. Afonskij, K.A. Golovin, R.A. Kovalev, Ju.N. Pushilina // Transport-noe stroitel'stvo. № 11. 2014. S. 15-18.
7. Development of equipment for reinforcement of road surfaces by means of hydro-jet cementation / K.A. Golovin, R.A. Kovalev, J.N. Pushilina, I.V. Afonskij // Modern Applied Science. 2015. Vol. 9. № 2. P. 62-78.
8. Golovin K.A., Lebedev A.M., Pushkarev A.E. Model' formi-rovanija struivodo-cementnogo rastvora pri gidrostrujnoj cementacii. Izvestija TulGU. Tehniceskie nauki. 2014. № 11-2. S. 315-323.
9. Golovin K.A., Govorova E.V. K opredeleniju velichiny iznosa gidrostrujnogo instrumenta. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2011. № 2. S. 223-227.
10. Golovin K.A., Pushkarev A.E., Govorova E.V. K voprosu o razrabotke sovremennogo gidroabrazivnogo instrumenta. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2011. № 2. S. 227-231.

УДК: 622.81:622.271:622.235

## К ПРОБЛЕМЕ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

В.И. Голик, В.И. Комащенко, Н.М. Качурин

*Область применения природоохранных технологий разработки металлических месторождений полезных ископаемых, отработка которых подземным способом в настоящее время проблематична по экономическим соображениям, может быть увеличена применением рекомендованной технологии транспортирования твердеющих смесей на отдаленные участки месторождений. Активированная в трубопроводе закладка отличается более равномерным распределением заполнителя, в результате чего гидратация вяжущих материалов и прочность смеси увеличиваются. Технология повышает качество использования недр, обеспечивает сохранение земной поверхности, и способствует утилизации отходов производства с минимизацией ущерба окружающей среде и времени. Вовлечение в производство сравнительно не больших, но высококачественных запасов месторождений округа способствует упрочнению минерально-сырьевой базы России в условиях предстоящей конверсии добычи железных руд с открытого способа на подземный.*

*Ключевые слова: металлическое месторождение, твердеющая смесь, сельское хозяйство, обоснование, эксперимент, транспортирование, вибрация, активация, эффект.*

Южная часть Центрального Федерального округа (ЦФО) России располагает металлическими полезными ископаемыми, добыча которых перспективна. Так, Тульская область располагает запасами железных руд, которые содержат около 47 % железа, а лучшие из них черепковые руды имеют его до 60 %. Основные запасы железняков находятся на глубине до 34 м, где встречаются рудные тела мощностью до 4,5 м и содержанием железа от 13 до 54 % [1].

Первые свидетельства о добыче железных руд на территории Тульской области относятся к концу XVI в. Промышленное производство железа осуществлялось в XX в. С 20-х до 50-х годов. К железным рудам относятся и колчеданы пирит и марказит. Пирит, или серный колчедан, содержит 47 % железа, 43 % серы и в качестве примесей никель, мышьяк, медь и серебро. В 80-е 90-е годы XIX в. добыча пирита и марказита в Тульском крае составляла около 90 % добычи России.

Тульское месторождение имеет протяженность около 60 км при ширине 15 – 20 км. Рудные тела представлены разобщенными пластовыми залежами бурых железняков сложной морфологии. Мощность залежей изменяется от долей метра до 3 м- 7 м. Глубина залегания залежей колеблется и достигает 35 м. Среднее содержание железа в балансовых запасах колеблется от 42,6 до 47,3 %. Качество руд позволяет использовать их в доменном производстве без предварительного обогащения.

Анализ тенденций развития горного производства свидетельствует, что в перспективе железные руды могут добывать подземным способом разработки, потому что открытый способ разработки вступает в антагонистические противоречия с жизненными интересами, обладая экономическими и экологическими недостатками [2-3].

Размеры и форма слагающих месторождения рудных тел и другие параметры позволяют прогнозировать в качестве основной технологии систему разработки с закладкой пустот твердеющими смесями.

Эта технология характеризуется хорошими показателями качества руд, полнотой использования недр и высокой производительностью добычи, но требует высоких эксплуатационных затрат на изготовление твердеющих закладочных смесей, что увеличивает стоимость продукции. Критическим звеном становится проблема обеспечения горных предприятий твердеющими смесями для заполнения технологических пустот [4-6].

Стратегия освоения железорудных месторождений ЦФО основана, преимущественно, на открытой добыче руд с применением мощного обогатительного предприятия. Вскрышные работы производятся мощными шагающими экскаваторами. Отделение от массива осуществляется взрыванием взрывчатых веществ. Отбитую руду грузят на самосвалы и транспортируют к складу, перегружают в железнодорожные вагоны и перевозят на обогатительное предприятие. Весь производственный цикл представляет собой прямую угрозу живому веществу в пределах зоны влияния горного производства [7-8].

Агропромышленный комплекс занимает значительное место в хозяйстве Тульской области. Около 75 % земельной площади области вовлечены в сельскохозяйственное использование. Несмотря на высокую степень урбанизации и небольшую территорию, область производит больше сельскохозяйственной продукции на душу населения, чем в среднем по России.

Учитывая перспективы развития добычи металлов в округе, обеспечение гармоничного взаимодействия технологии и окружающей среды приобретает лидирующую роль. Решение этой проблемной задачи обостряется в условиях ослабленных эколого-ресурсных экосистем, к которым относится область.

К числу прогрессивных технологических методов возможного освоения месторождений могут быть отнесены заполнение выработанного пространства твердеющими смесями с использованием местных вяжущих компонентов и отходов производства на комплексах для приготовления твердеющих закладочных смесей.

Закладочные комплексы являются элементом активного воздействия на экосистемы. Если другие объекты горного предприятия по истечению срока службы могут быть ликвидированы, то закладочные комплексы функционируют до конца работ, а их склады постоянно обновляются. Под

долговременные закладочные комплексы, склады материалов и дороги к ним заняты более 65 % земель в пределах отводов рудников.

Охрана экосистем окружающей среды от горного производства включает в себя уменьшение количества закладочных комплексов и складов сырья для приготовления твердеющих смесей [8-10].

Задача снижения влияния горных работ на окружающую среду решается в увязке технологических вопросов управления состоянием массива и технологии транспортирования твердеющих смесей к месту их укладки в образованные выемкой руд пустоты.

Традиционные способы доставки твердеющих закладочных смесей включают в себя варианты: гидравлический (самотечный, напорный и безнапорный), механический, пневматический и комбинированный.

При подземной разработке месторождений наиболее часто смеси транспортируют по трубопроводам самотеком за счет статического напора, но в условиях ЦФО при малой глубине залегания рудных тел напор может оказаться недостаточным для транспортировки. Например, для самотечной доставки твердеющих закладочных смесей на расстояние более 1500 м надо заполнить 500-700 м става трубопровода.

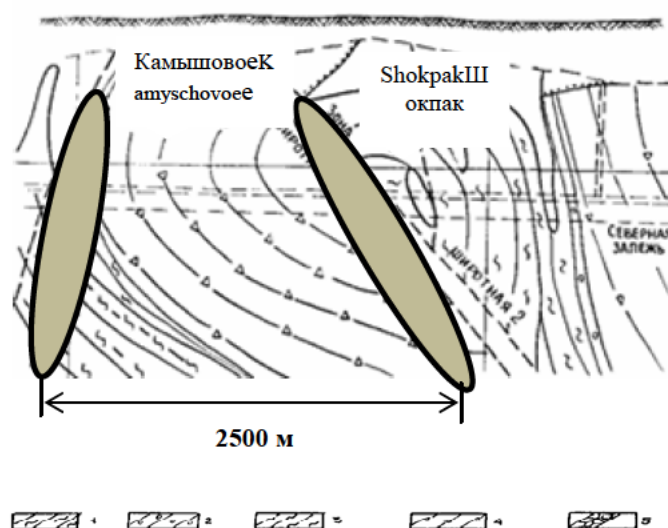
Более надежен самотечно-пневматический способ доставки твердеющих закладочных смесей, когда смеси движутся вначале самотеком, а затем посредством сжатого воздуха, поступающего в трубопровод через вмонтированные под определенным углом к оси трубопровода пневмоврезки. В этом скорость движения твердеющих закладочных смесей возрастает 25 м/с. Посредством обратных клапанов в трубопроводе формируется серия порций твердеющей закладочной смеси, разделенных воздушными промежутками. Способ отличается производительностью, гибкостью и возможностью подачи смесей на большие расстояния, чем в самотечном режиме.

Оба способа надежны и экономичны при соотношении вертикальной и горизонтальной частей трубопровода не более 1/5. При ином же соотношении их технологические и экономические показатели заметно ухудшаются.

При разработке рудных тел на малой глубине, удаленных от закладочного комплекса, проблема доставки смесей при малой высоте вертикального става становится весьма актуальной.

На рудниках с прогрессивной технологией для доставки твердеющих смесей на расстояния, превышающие высоту вертикального става более, чем в 20 раз, применяют установки вибро-самотечного транспорта [11]. Установка вибро-самотечного транспорта характеризуется инерционными вибро-возбудителями при расположении валов перпендикулярно оси трубопровода, установленного на упругие опоры. Применение вибро-возбудителей и упругих опор специальной конструкции обеспечивает колебание трубопровода при минимальных затратах энергии.

Так, для подачи твердеющих смесей с месторождения Шокпак на соседнее месторождение Камышовое (Северный Казахстан) использовали систему вибро-самотечного транспорта, состоящую из каскадного участка общей высотой 174 м и горизонтальных трубопроводов длиной 1510 м (рис. 1).



**Рис. 1. Месторождение Шокпак-Камышовое: 1 - яшмокварциты; 2 - конгломераты; 3 - алевролиты; 4 - гравелиты, брекчии; 5 - зона дробления пород**

Секционированный участок трубопровода длиной 200 м смонтирован на резиновых амортизационных опорах, а каждая секция снабжена инерционным одновальным вибро-возбудителем с электроприводом, датчиком давления и пневмо-врезкой с электромагнитным клапаном. Секции горизонтального трубопровода соединены между собой и каскадным участком упругими соединителями, нейтрализующими влияние колебаний одной секции на другую.

Особенностями вибро-активации смесей в установке являются: подача смеси с объемом порций до  $200...400 \text{ м}^3$ , сопротивление транспортированию на каскадном участке, использование в качестве инертного заполнителя нестандартных песков с содержанием глины 30...50 % и жесткость измельченного и активированного в дезинтеграторе металлургического шлака.

После заполнения закладочной смесью каскадного участка последовательно включали вибро-возбудители, начиная с первого. Под воздействием вибрации смесь, контактирующая со стенками трубопровода, переходила в состояние повышенной текучести, что способствовало уменьшению ее сопротивления транспортированию. Сжатый воздух подавали через пневмо-врезки горизонтального участка трубопровода.

Давление закладочной смеси на секционированном горизонтальном участке характеризуется перепадом давления на первой и последней его секциях. Фактический перепад давления на длине секции при подаче смеси составил: в режиме самотека 0,6-1,0 МПа,  $\text{grad } P = 3,0 \dots 5,0 \text{ кПа/М}$ , с применением вибрации – 0,12...0,20 МПа,  $\text{grad } P = 0,8 \dots 1,0 \text{ кПа/М}$ .

Прочность смеси по сравнению с прочностью контрольных образцов, отобранных после смесителя, при вибро-пневно-самотечном транспорте увеличилась, потому что при движении смеси в этой установке со скоростью 1,0...1,5 м/с происходило перераспределение вяжущего, разрушение его гранул и предотвращение расслоения смеси.

На руднике «Висмут» в ФРГ твердеющую смесь подавали на расстояние в 3 раза превышающее высоту вертикального става. Установка обеспечивала подачу смесей с осадкой конуса Строй ЦНИЛ 7,5...8,0 см (в режиме самотека осадка – 11...12 см).

Активация в установках вибро-самотечного транспорта характеризуется расходом энергии – 0,15...0,22 кВт/ на  $1 \text{ м}^3$  закладочной смеси при подаче на расстояние до 2,5 км. Рациональные параметры вибро-активации смесей: частота колебаний 10...30 Гц, амплитуда 0,5...1,5 мм.

Установки вибро-самотечного транспорта целесообразны при транспортировании смесей на расстояние, превышающее высоту вертикального става более чем в 10 раз. При равном расходе вяжущего установка прочностя закладочного массива увеличивается на 20...25 % [12-13].

Практической целью исследования перспектив разработки месторождений ЦФО является обеспечение отработки удаленных от основного закладочного комплекса рудных тел при минимизации стоимости погашения пустот твердеющей закладкой и расхода цемента путем использования новой технологии их транспортирования к местам размещения.

В базовом составе смеси с комплексным вяжущим из гранулированного доменного шлака и цемента шлак размалывали до выхода 40 % фракции 0,076 мм в дезинтеграторе ДУ-65.

Состав закладки (на  $1 \text{ м}^3$ ):

Портландцемент М 400 – 60 кг,

Граншлак – 240 кг,

Песок – 1300 кг,

Вода – 400 л.

Физико-механические свойства материалов для изготовления твердеющих смесей: песок карьера: плотность  $2,64 \text{ т/м}^3$ ; содержание пылевидных, глинистых и илистых – от 10 до 30 %; остаток на сите 5,0 мм – 1 % удельная поверхность –  $6,9 \text{ м}^2/\text{кг}$  (без учета отмучиваемых частиц).

При традиционной технологии для повышения транспортабельности в твердеющую смесь добавляют воды больше, чем нужно для затворения, до осадки конуса 11, что увеличивало расход вяжущего и удорожало

стоимость закладки. С помощью вибраторов закладочная смесь устойчиво транспортируется при осадке конуса даже 9, в то время, как при других технологиях осадка должна быть не менее 11 с соответствующим расходом вяжущих, и может быть компонентом комбинированной технологии доставки твердеющих смесей.

Устойчивый режим работы транспортирования твердеющих смесей обеспечивается при равенстве скорости доставки смесей на самотечном и пневматическом участках трубопровода или равенстве времени транспортирования порции смеси ( $t_T$ ) и заливки ее в трубопровод ( $t_n$ ):

$$P_T = \frac{L_n Q_3^4 \tau_0 (1 + 0,02 V_n^2)}{V_n S_T d_T},$$

$$\frac{P_T}{P_M} = 0,6 = \frac{L_n Q_3^4 \tau_0 (1 + 0,02 V_n^2)}{V_n S_T d_T P_M}.$$

Регулировать режимы транспорта можно или пластичностью смесей ( $\tau_0$ ), или изменением производительности закладочной установки ( $Q_3$ ):

$$\tau_0 = \frac{0,6 V_n S_T d_T P_M}{L_n Q_3^4 (1 + 0,02 V_n^2)},$$

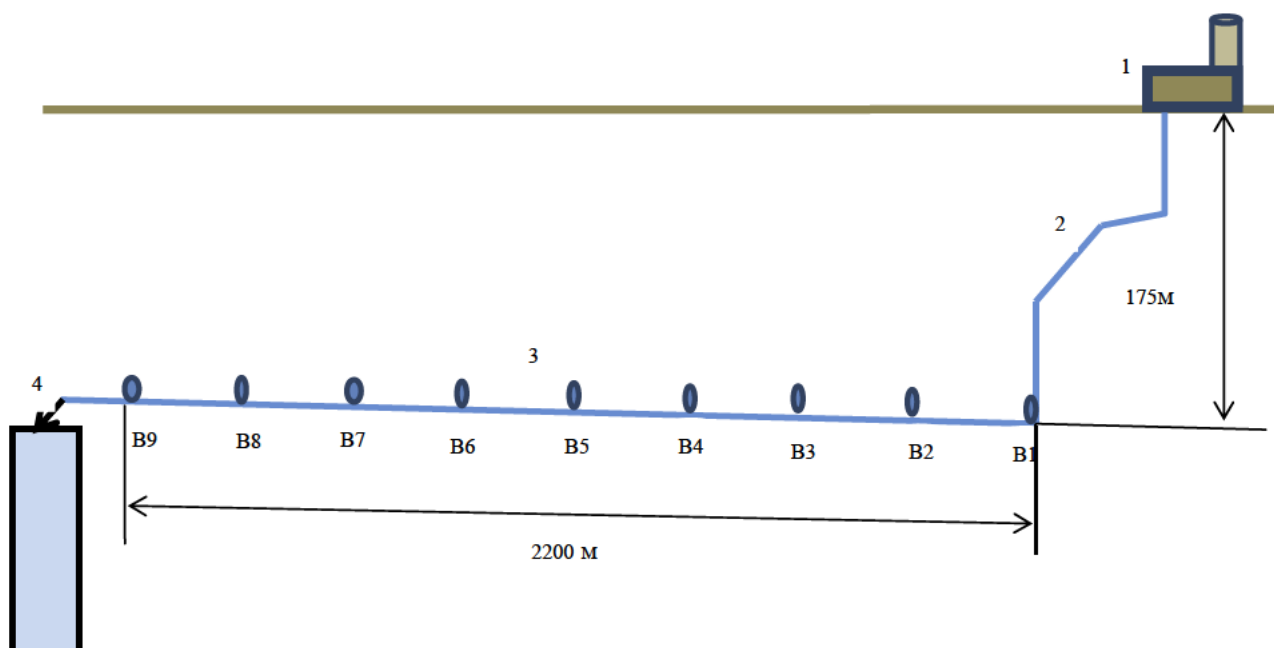
$$Q_3 = \frac{0,6 V_n S_T d_T P_M}{L_n^4 \tau_0 (1 + 0,02 V_n^2)}.$$

Параметры работы вибро-возбудителей на закладочном трубопроводе для транспортировки твердеющей закладки исследованы на участке месторождений Шокпак – Камышовое (рис. 2).

Для оценки сопротивлений закладочной смеси измеряли давление в воздухопроводе ( $P_M$ ) и закладочном трубопроводе ( $P$ ). Для этого были установлены манометры по трассе трубопроводов в пунктах от № 1 до № 9. Рядом с вибраторами оборудованы воздушные врезки. Уклон трубопровода обратный ( $i = 0,003$ ). До пункта № 7 закладочные смеси транспортируются самотеком (1580 м). От пункта № 7 до камеры закладки они транспортируются комбинированно: сжатым воздухом на расстояние 600 м, а дальше с применением вибраторов. Вибраторы на самотечном участке: №1 -№6 не включали для избежания пробок в трубопроводе. Вибраторы № 7, 8, 9 на пневматическом участке трубопровода включали периодически.

Давление в закладочном трубопроводе измеряли в пунктах № 1, 7, 8 и 9 одновременно, через интервал в три минуты отдельно при производительности закладочной установки 80 и 100 м<sup>3</sup>/ч. После того, как твердеющая смесь достигла пункта № 7, включали одну воздушную врезку. Воз-

душные врезки № 8 и 9 включали в случае прекращения работы врезки № 7.



**Рис. 2. Схема вибро-пнеumo-самотечного транспорта твердеющих смесей: 1-закладочный комплекс; 2-вертикальная часть трубопровода; 3-вибраторы; 4- камера очистного блока; B1-B9 - вибровозбудители**

Показатели манометров записывали одновременно по команде. Вначале смеси транспортировали с помощью воздуха без вибраторов. Вибраторы включали при достижении комплексом производительности  $80 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Анализ таблиц показывает, что при включении вибраторов давление в районе воздушной врезки № 7 повышается сильнее, что свидетельствует об увеличении сопротивления смеси. Включение вибраторов до пикета № 7 увеличивает сопротивление движению смеси, следовательно, при транспортировке по трубопроводу с обратным уклоном вибраторы не улучшают показатели транспортирования твердеющих смесей. По результатам замеров давления установлены фактические сопротивления в трубопроводе.

Приращение прочности закладки после пневмо- самотечной доставки на расстояние 1500 м составило около 11 % в возрасте 28 дней и 13-14 % в возрасте 90 дней.

Возможность использования технологии транспортирования твердеющих смесей на дальние расстояния с достижением природоохранного эффекта определяется расходом материалов, времени доставки, способности смеси сохранить консистенцию, прочностью искусственных массивов и взаимодействием с вмещающими породными массивами [14-16].

Критерием оптимальности сравниваемых схем транспортирования твердеющих смесей является приращение их прочности как разница значений прочности кубов, изготовленных из проб, отобранных после смесителя закладочного комплекса и в месте слива смеси в погашаемую камеру.

Устойчивый режим работы транспорта обеспечивается в случае соответствия скоростей на самотечном и пневматическом участках или равенства времени транспортирования суммарной порции и заливки ее в трубопровод. Регулировать режим транспорта целесообразно как пластичностью смесей, так и изменением производительности закладочной установки.

Включение вибраторов до предельных возможностей самотечного транспорта увеличивает сопротивление движению смеси, следовательно, при транспортировке по трубопроводу с обратным уклоном вибраторы улучшают показатели транспортирования твердеющих смесей только при соблюдении определенных условий.

При равных условиях транспортирования новая технология за счет активации позволяет уменьшить сопротивление движению, увеличить длину доставляемой порции смеси и увеличить прочность закладки даже при использовании отходов производства в качестве вяжущих. Обработкой результатов моделирования получены значения показателя активации: для пневмо-самотечной доставки – 1,03...1,05; для вибро-пневмо-самотечной доставки – 1,05...1,20.

Результаты исследований подтверждают, что прочность закладочного материала для погашения пустот определяется не только расходом вяжущих и активацией смесей при изготовлении, но и активацией смесей в процессе доставки.

В рассмотренном примере на месторождении Камышовое эксплуатационные затраты на 1 м<sup>3</sup> твердеющей смеси при базовой технологии могут быть такими же, как на руднике Шокпак. Но в результате активации смесей их стоимость уменьшается на 15 %.

В случае транспортирования смесей на участки месторождений от единого закладочного комплекса исчезает необходимость строительства нового закладочного комплекса с соответствующими капитальными затратами, которые заменяются существенно меньшими затратами на строительство закладочного трубопровода. Это нередко может быть решающим фактором при выборе технологии разработки новых месторождений. При решении вопросов утилизации хвостов обогащения металлических руд учитываются расходы на извлечение из них остаточных металлов, что при соответствующих условиях может приносить прибыль [17-18].

Запросы соседних месторождений могут быть удовлетворены за счет одного закладочного комплекса вместо двух и более.

При транспортировании твердеющей закладки по новой технологии повышается извлечение запасов месторождения, улучшается качество вы-

даваемой продукции, сохраняется земная поверхность, появляются предпосылки для размещения в выработанном пространстве отходов производства и снижается нагрузка на окружающую среду.

Оценка технологий транспортирования твердеющих смесей производится сопоставлением приведенных затрат:

$$\mathcal{E} = [(C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2)] \times A_{\Gamma},$$

где  $\mathcal{E}$  – годовой экономический эффект, руб.;  $E_n$  – коэффициент дисконтирования затрат и прибыли, доли ед.;  $K_1$  и  $K_2$  – капитальные вложения в производственные фонды, соответственно при строительстве нового закладочного комплекса и комбинированной доставке, руб.;  $C_1$  и  $C_2$  – себестоимость 1 т концентрата, соответственно при сравниваемых вариантах, руб.;  $A_{\Gamma}$  – годовой объем производства продукции, получаемой после вовлечения в эксплуатацию запасов нового месторождения.

### Выводы

Природо- и ресурсосберегающая технология доставки закладочной смеси отличается от традиционной технологии активацией смеси в закладочном трубопроводе.

Активированная в трубопроводе закладка отличается более равномерным распределением заполнителя при движении смеси со скоростью 1,0...1,5 м/с, в результате чего гидратация вяжущих материалов увеличивается в 2 – 3 раза, а прочность смеси - на 20-25 %.

При комбинированной доставке активированной твердеющей закладки повышается качество использования недр, сохраняется земная поверхность, в выработанном пространстве утилизируются отходы производства.

Решение проблемы обеспечения горных работ твердеющими смесями расширяет область применения природоохраных технологий разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом. Критерием оптимальности комбинации схем транспортирования является максимум прибыли с учетом ущерба окружающей среде и времени.

### Список литературы

1. Голик В.И., Комащенко В.И., Качурин Н.М. Концепция комбинирования технологий разработки рудных месторождений // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2015. Вып. 4. С.76-88.
2. Onica, I. Environmental Mining Impact (in Romanian), Universitas Publishing House, Petroșani, 2001, PP.173-198.
3. Wang Li, Zhang Xiu-feng. Correlation of ground surface subsidence characteristics and mining disasters under super-thick overlying strata // Journal of China Coal Society, 2009. Vol. 34. No.8. C. 1048-1051.

4. Нормирование потерь и разубоживания медно-никелевых руд в системах разработки Талнахского и Октябрьского месторождений с закладкой выработанных пространств / А.Г. Анохин, Н.В. Подкуйко, С.А. Вохмин, Ю. П. Требуш // Горный журнал. 2015. № 6. С.98-103.

5. Гузанов П. С., Лытнева А. Э., Анушенков А. Н., Волков Е. П. Закладочные смеси на основе отходов обогащения руд в системах подземной разработки месторождений Норильского промышленного района/ П. С. Гузанов, А. Э. Лытнева, А. Н. Анушенков, Е. П. Волков// Горный журнал. 2015. №6. С.89-95.

6. Рыльникова М.В., Ангелов В.А., Туркин И.С. Обоснование технологической схемы и комплекса оборудования для утилизации текущих хвостов обогащения в выработанном пространстве. Горный информационно – аналитический бюллетень. 2014. №9.С.115-123.

7. Уманец В.Н., Бугаева Г.Г., Когут А.В. Методы оценки экологического риска для управления экологической безопасностью при производстве открытых горных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. №8. С 134-139.

8. Ляшенко В. И. Экологическая безопасность уранового производства в Украине // Горный журнал. №4. С 131-135.

9. Зимин Ю. И., Лейзерович С. Г. Промышленный закладочный комплекс — технологическая основа безотходного производства железорудного концентрата // Горный журнал. 2013. №4. С.100-106.

10. Магомедов Ш.Ш. Приготовление и транспортирование твердеющих смесей // Математической межд. конф. «Логическое управление технологическими процессами и системами» - Москва-Владикавказ. 1999. С.65-73.

11. Платонов В.Н., Поддубный И.К. Устройство и опыт работы вибро-самотечной установки по доставке закладочных смесей на руднике в Тюрингии // Вибрационная техника: материалы семинара. М.: Общество «Знание». 1992. С.134-140.

12. Магомедов Ш.Ш. Приготовление и транспортирование твердеющих смесей // Математическая межд. конф. «Логическое управление технологическими процессами и системами». М., Владикавказ. 1999. С.211-218.

13. Ляшенко В.И., Рыбалко В.Я. Совершенствование трубопроводного транспорта закладочных смесей в глубокие шахты // Горный журнал, 1988. №6. С.78-83.

14. Масленников С.А. Обоснование рациональных параметров комбинированной чугунно-бетонной крепи вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. №4. М.: МГГУ, 2009. С. 210-214.

15. Прокопов А.Ю., Масленников С.А., Шинкарь Д.И.К вопросу о влиянии технологических факторов на деформационные характеристики

бетона в многослойной крепи // Научное обозрение. №11. М.: МГГУ, 2013. С. 97-102.

16. Прокопов А.Ю., Масленников С.А., Шинкарь Д.И. О влиянии специфических условий строительства вертикальных стволов на формирование прочностных характеристик бетона // Научное обозрение. №11. М.: МГГУ, 2013. С. 102-107.

17. Golik V.I., Komashchenko V.I., Razorenov Yu.I. Activation of technogenic resources in desintegrator // Mine Planning and Equipment Selection Proceedings of the 22nd MPES Conference. Editors: Carsten Drebenstedt, Raj Singhal. 2013. С. 1101-1106.

18. Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Feasibility of using the mill tailings for preparation of self-hardening mixtures // Metallurgical and Mining Industry. 2015. Т. 7. № 3. С. 38-41.

19. Freeman A. M., Herriges J. A., Kling C. L. The measurement of environmental and resource values // Theory and methods. New York, USA : RFF Press, 2014. P.45-53.

20. Harris J. M., Roach B. Environmental and Natural Resource Economics // A Contemporary Approach. M. E. Sharpe, Inc., Armonk, New York, 2013. P.67-85.

*Голик Владимир Иванович, д-р техн. наук, проф. [v.i.golik@mail.ru](mailto:v.i.golik@mail.ru), Россия, Владикавказ, Северо-Кавказский государственный технологический университет,*

*Комащенко Виталий Иванович, д-р техн. наук, проф., [v.i.golik@mail.ru](mailto:v.i.golik@mail.ru), Россия, Владикавказ, Северо-Кавказский государственный технологический университет,*

*Качурин Николай Михайлович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, [ecology@tsu.tula.ru](mailto:ecology@tsu.tula.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет*

#### TO THE PROBLEM OF UNDERGROUND MINING OF ORE FIELDS OF CENTRAL FEDERAL DISTRICT

*V. I. Golik, V. I. Komashchenko, N. M. Kachurin*

*The scope of nature protection technologies of development of metal mineral deposits which working off by an underground method is problematic on economic purposes now can be increased by use of the recommended technology of transportation of the hardening mixes by the remote sites of fields. The bookmark activated in the pipeline differs in more uniform distribution of filler therefore hydration of the knitting materials and durability of mix increase. The technology increases quality of use of a subsoil, provides preserving the land surface, and promotes waste recycling of production with minimization of environmental damage and time. Involvement in production rather not of big, but high-quality inventories of fields of the district promotes hardening of mineral resources of Russia in the conditions of the forthcoming conversion of production of iron ores from an open method on underground.*

*Key words: the metal field, the hardening mix, agriculture, justification, an experiment, transportation, vibration, activation, effect.*

*Golik Vladimir Ivanovich, Doctor of Sciences, Full Professor, [v.i.golik@mail.ru](mailto:v.i.golik@mail.ru), Russia, Vladikavkaz, Northern-Caucasian State Technological University,*

*Komashchenko Vitaly Ivanovich, Doctor of Sciences, Full Professor, [v.i.golik@mail.ru](mailto:v.i.golik@mail.ru), Russia, Vladikavkaz, Northern-Caucasian State Technological University,*

*Kachurin Nikolay Mikhaylovich, Doctor of Sciences, Full Professor, head of chair, [ecology@tsu.tula.ru](mailto:ecology@tsu.tula.ru), Russia, Tula, Tula State University*

#### Reference

1. Golik V.I., Komashhenko V.I., Kachurin N.M. Konceptija kom-binirovanija tehnologij razrabotki rudnyh mestorozhdenij. Izvestija TulGU. Nauki o Zemle. 2015. Vyp. 4. S.76-88.
2. Onica, I. Environmental Mining Impact (in Romanian), Universitas Publishing House, Petroşani, 2001, RR.173-198.
3. Wang Li, Zhang Xiu-feng. Correlation of ground surface subsidence characteristics and mining disasters under super-thick overlying strata. // Journal of China Coal Society, 2009. Vol. 34. No.8. S. 1048-1051.
4. Normirovanie poter' i razubozhivaniya medno-nikelevyh rud v sistemah razrabotki Talnahskogo i Oktjabr'skogo mestorozhdenij s zakladkoj vyrabotannyh prostranstv / A. G. Anohin, N. V. Podkujko, S. A. Vohmin, Ju. P. Trebush //Gornyj zhurnal. 2015. № 6. S.98-103.
5. Guzanov P. S., Lytneva A. Je., Anushenkov A. N., Volkov E. P. Zakladochnye smesi na osnove othodov obogashhenija rud v sistemah pod-zemnoj razrabotki mestorozhdenij Noril'skogo promyshlennogo rajona/ P. S. Guzanov, A. Je. Lytneva, A. N. Anushenkov, E. P. Volkov// Gor-nyj zhurnal.2015. №6. S.89-95.
6. Ryl'nikova M.V., Angelov V.A., Turkin I.S. Obosnovanie tehnologicheskoy shemy i kompleksa oborudovaniya dlja utilizacii te-kushhih hvostov obogashhenija v vyrabotannom prostranstve. Gornyj in-formacionno – analiticheskij bjulleten'. 2014. №9.S.115-123.
7. Umanec V.N., Bugaeva G.G., Kogut A.V. Metody ocenki jekologicheskogo riska dlja upravlenija jekologicheskoy bezopasnost'ju pri proizvodstve otkrytyh gornyh rabot. Gornyj informacionno – ana-liticheskij bjulleten'. 2014. №8. S 134-139.
8. Ljashenko V. I. Jekologicheskaja bezopasnost' uranovogo proiz-vodstva v Ukraine. Gornyj zhurnal. №4. S 131-135.
9. Zimin Ju. I., Lejzerovich S. G. Promyshlennyj zakladochnyj kompleks — tehnologicheskaja osnova bezothodnogo proizvodstva zhele-zorudnogo koncentrata. Gornyj zhurnal. 2013. №4. S.100-106.
10. Magomedov Sh.Sh. Prigotovlenie i transportirovanie tver-dejushhih smesej. / V sb.: Matematicheskoy mezhd. konf. «Logicheskoe upravlenie tehnologicheskimi processami i sistemami» - Moskva-Vladikavkaz. 1999. S.65-73.
11. Platonov V.N., Poddubnyj I.K. Ustrojstvo i opyt raboty vibro - samotechnoj ustanovki po dostavke zakladochnyh smesej na rud-nike v Tjuringii. Vibracionnaja tehnika. /Materialy seminar. M.: Obshhestvo «Znanie». 1992. S.134-140.
12. Magomedov Sh.Sh. Prigotovlenie i transportirovanie tver-dejushhih smesej. / V sb.: Matematicheskoy mezhd. konf. «Logicheskoe upravlenie tehnologicheskimi processami i sistemami». Moskva-Vladikavkaz. 1999. S.211-218.
13. Ljashenko V.I., Rybalko V.Ja. Sovershenstvovanie trubopro-vodnogo transporta zakladochnyh smesej v glubokie shahty. Gornyj zhurnal, 1988. №6. S.78-83.

14. Maslennikov S.A. Obosnovanie racional'nyh parametrov kombinirovannoj chugunno-betonnoj krepі vertikal'nyh stvolov // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. №4. M.: MGGU, 2009. S. 210-214.
15. Prokopov A.Ju., Maslennikov S.A., Shinkar' D.I.K voprosu o vlijanii tehnologicheskikh faktorov na deformacionnye harakteri-stiki betona v mnogoslojnoj krepі // Nauchnoe obozrenie. №11. M.: MGGU, 2013. S. 97-102.
16. Prokopov A.Ju., Maslennikov S.A., Shinkar' D.I. O vlijanii specificheskikh uslovij stroitel'stva vertikal'nyh stvolov na formirovanie prochnostnyh harakteristik betona // Nauchnoe obozrenie. №11. M.: MGGU, 2013. S. 102-107.
17. Golik V.I., Komashchenko V.I., Razorenov Yu.I. Activation of technogenic resources in desintegrator // Mine Plan-ning and Equipment Selection Proceedings of the 22nd MPES Conference. Editors: Carsten Drebenstedt, Raj Singhal. 2013. S. 1101-1106.
18. Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Feasibility of using the mill tailings for preparation of self-hardening mixtures // Metallurgical and Mining Industry. 2015. T. 7. № 3.S. 38-41.
19. Freeman A. M., Herriges J. A., Kling C. L. The measurement of environmental and resource values.Theory and methods. New York, USA : RFF Press, 2014. R.45-53.
20. Harris J. M., Roach B. Environmental and Natural Resource Economics. A Contemporary Approach. M. E. Sharpe, Inc., Armonk, New York, 2013. R.67-85.

УДК 504.55.054:622(470.6)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МАЛОМОЩНЫХ ПОЛОГИХ РУДНЫХ ТЕЛ НА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

В.И. Голик

*Дана оценка природно-ресурсного потенциала России, Центрального Федерального округа и Тульской области. Охарактеризованы особенности локализации пологопадающих маломощных рудных тел металлических месторождений и технологий их разработки. Изложены основы методики определения параметров безопасных обнажений кровли, исходя из представлений о трехшарнирной арке структурных блоков пород. Рекомендован метод построения области опасного влияния погашаемой выработки на массив и земную поверхность над ним. Приведен пример расчета параметров очистного пространства. Обозначено получающее развитие направление замены рудных целиков искусственными массивами из утилизируемых отходов обогащенного передела после извлечения из них металлов с помощью механохимической активации.*

*Ключевые слова: месторождение, природно-ресурсный потенциал, пологопадающие рудные тела, технология разработки, трехшарнирная арка, структурный блок, напряжение.*

Россия является по природно-ресурсному потенциалу одной из крупнейших держав. По полезным ископаемым, в том числе, топливно-энергетическим ресурсам она лидирует. В недрах Российской Федерации

заключена значительная часть мировых разведанных запасов важнейших видов полезных ископаемых (алмазов, никеля, природного газа, палладия, нефти, угля, золота и серебра). Россия обеспечивает более половины мировой добычи палладия, четверть никеля, природного газа и алмазов, свыше 10 % нефти и платины.

В России открыто более 20 тыс. месторождений полезных ископаемых. Объем разведанных запасов полезных ископаемых России оценивается в \$10 трлн, а неразведанных ресурсов – более чем в \$200 трлн. По этому показателю Россия опережает США примерно в 4 раза.

В области добычи полезных ископаемых можно выделить проблемы [1].

Минерально-сырьевая база страны обладает относительно низкой инвестиционной привлекательностью из-за неблагоприятного географо-экономического размещения многих месторождений полезных ископаемых и относительно низкого качества минерального сырья, что снижает его конкурентоспособность в современных экономических условиях. Обострилась проблема восполнения запасов на добывающих предприятиях.

Ряд железорудных предприятий имеют неблагоприятную сырьевую базу. Ухудшается состояние производства свинца и цинка. Становится неблагоприятной конъюнктура олова. На большей части вольфрамоводобывающих предприятий запасы близки к исчерпанию. Россия значительно отстает по потреблению тантала, ниобия, стронция и других редких и редкоземельных металлов. Редкоземельное и танталовое производство практически прекращено.

Российская экономика характеризуется спадом производства стратегических видов сырья, недостаточным или полным отсутствием новых горнодобывающих мощностей и катастрофическим отставанием геологоразведочных работ.

Подготовка ресурсной базы в промышленных объемах требует 10–15 лет. Более 50 % подготовленных запасов являются нерентабельными для промышленного освоения.

Большинство месторождений полезных ископаемых России – низкого качества, содержание полезных компонентов в них на 35–50 % ниже среднемировых. Во многих случаях они труднодоступны, поэтому степень их промышленного освоения низка.

Центральный Федеральный округ располагает значительными разведанными запасами минерально-сырьевых ресурсов [2]. Здесь разведано более 10 тысяч месторождений полезных ископаемых: железных руд, бокситов, титана, циркония, неметаллических полезных ископаемых, горючих полезных ископаемых, сапропеля, пресных и минеральных подземных вод. Промышленно эксплуатируются более 1,5 тысяч месторождений полезных ископаемых. В округе работают более 1000 горнодобывающих предприятий.

В центральной части округа расположен Подмосковский буроугольный бассейн (Тульская, Калужская, Московская, Смоленская, Рязанская и Тверская области), характеризующийся наличием неглубокозалегающих углей. На территории округа сосредоточено до 60 % запасов железных руд России.

Наибольшее значение имеют запасы и прогнозные ресурсы железных руд.

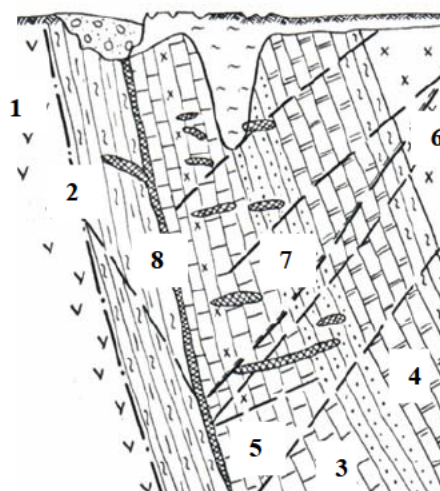
Самой высокой ценностью недр обладают Белгородская и Курская области. Высокий потенциал имеет и Тульская область, где расположены месторождения железных руд и разведаны большие запасы бурого угля. Вместе с тем, разведанные месторождения железных руд, цементного сырья, кирпично-черепичного сырья, керамзитового сырья и иных полезных ископаемых отрабатываются лишь на 25-45 %. Из-за сложных горно-геологических условий пока не эксплуатируются месторождения бокситов.

Одной из причин неравномерного вовлечения месторождений в эксплуатацию является отсутствие инвестиций для их освоения. Другой, не менее важной, является сложность подземной разработки месторождений, сложенных пологозалегающими рудными телами малой и средней мощности.

Тенденции развития инвестиционной деятельности в развитие минерально-сырьевой базы Европейской части России позволяют прогнозировать активизацию освоения пока не освоенных металлических и топливных ресурсов на территории округа. Поэтому горнопромышленникам предстоит решать ряд проблем технологического характера [3]. Сложность и трудоемкость разработки рассматриваемого вида месторождений увеличивают актуальность исследований на затронутую тему.

Учитывая сложность и продолжительность исследований. Подобные горные задачи решаются методом экспертных заключений на основе аналогов, которыми является накопленный опыт разработки месторождений рассматриваемого типа в добывающих отраслях СССР и России.

Несмотря на качественное совершенствование техники и технологии подземной разработки месторождений полезных ископаемых, состояние эксплуатации ресурсов недр характеризуется снижением качества добываемых руд, увеличением потерь руды и разубоживания и ухудшением технико-экономических показателей освоения недр. Это в полной мере относится к маломощным рудным телам месторождений руд редких, благородных и цветных металлов пологого залегания (рис. 1).



**Рис. 1. Разрез месторождение рудных тел малой и средней мощности:**  
 1– андезитовые порфириты; 2– переслаивание алевролитов и песчаников; 3– известняки; 4– переслаивание песчаников и известняков; 5– дайки диоритов; 6– тектонические нарушения; 7– пологие рудные тела; 8– крутонадающие рудные тела

Разработка пологих рудных тел мощностью от 0,6-0,8 м до 15 м с углом падения до  $25^\circ$  с породными включениями характеризуется увеличением потерь и разубоживания руды при добыче до 25-35 %, а небольшая высота очистного пространства нередко является причиной низкой производительности труда из-за сложности использования техники [4-6].

Особенностью управления состоянием рудовмещающего массива в таких условиях является большая площадь обнажения пород кровли с развитием напряжений и соответствующих им деформаций.

При добыче ценных руд стремятся уменьшить потери в охранных целиках путем поддержания пород кровли крепью, что не всегда надежно и эффективно. Статистика свидетельствует о том, что большинство травм работающих связано с установкой и обслуживанием крепи. Крепь не работает в заданном режиме при воздействии взрывной волны и механизмов.

Поэтому совершенствование параметров технологий разработки пологих маломощных рудных тел должно основываться на закономерностях взаимодействия геологических, горнотехнических и геомеханических факторов [7-8].

Многовековая практика погашения выработанного пространства обрушением вмещающих пород после выемки руды имеет ряд недостатков:

- ненадежность управления напряжениями при усадке пород заполнения;
- трудность контроля состояния погашенной выработки;

- опасность развития напряжений пород в окрестностях обрушаемой кровли.

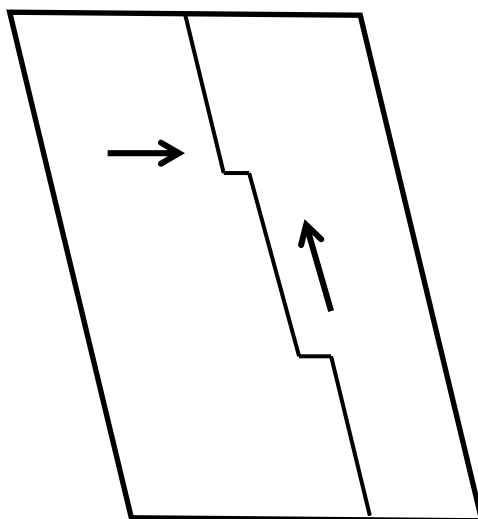
Чаще всего выработанное пространство таких рудных тел погашают без заполнения материалами – изоляцией от прилегающих выработок. Метод чаще всего применяют при локализации месторождения на непригодных для хозяйства участках земной поверхности. Опасность этого метода подтверждается практикой массовых обрушений с катастрофами типа горного удара [9].

Невозможность ретроспективной корректировки результатов управления горным давлением повышает важность объективного обоснования метода погашения выработанного пространства при эксплуатации месторождений рассматриваемого типа.

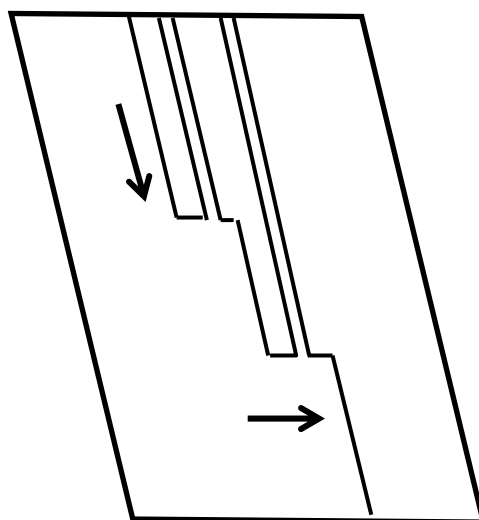
Сплошная система разработки применяется при устойчивых и средней устойчивости вмещающих породах для минимизации потерь в целиках различного назначения.

Вариант сплошной системы разработки с отбойкой руды уступами из очистного пространства применяется наиболее часто (рис. 2).

Возрастающую с увеличением площади обнажения кровли опасность обрушения пород с риском травмирования рабочих и увеличением разубоживания руд пытаются снизить установкой временной деревянной крепи и металлических анкеров, а нахождение работающих в выработанном пространстве ограничить организацией работ. Этому требованию отвечают варианты с отбойкой руды из буровых выработок (рис. 3).



*Рис. 2. Схема сплошной системы разработки с отбойкой уступами*



**Рис. 3. Схема сплошной системы разработки с отбойкой из буровых выработок**

При назначении параметров безопасных обнажений сложной скальными породами кровли с практикой лучше согласуется представление о том, что породы разбиты трещинами на структурные блоки, которые при определенных условиях заклиниваются и образуют трехшарнирную арку [10].

Устойчивость кровли очистных выработок определяется величиной их эквивалентных пролетов. Для того, чтобы блоки заклинивались с сохранением плоской формы кровли без образования свода должно обеспечиваться условие

$$L_{\text{факт}} \leq L_{\alpha}^o,$$

где  $L_{\text{факт}}$  – фактический эквивалентный пролет кровли выработки, м;  $L_{\alpha}^o$  – предельно допустимый эквивалентный пролет обнажения плоской кровли при данном угле наклона выработки, м.

Плоская кровля сохраняется до тех пор, пока прочность заклинивания пород несущего слоя достаточна для поддержания налегающих на нее пород в пределах потенциального свода естественного обрушения.

Если по условиям устойчивости пород кровли рудное тело невозможно отработать сплошным забоем, оно разделяется на отдельные участки, размеры которых этому условию удовлетворяют.

При выборе безопасных параметров погашения выработанного пространства на бесконечно продолжительное время исходят из того, что заклинившийся слой потеряет прочность и кровля из плоской превратится в сводчатую.

Поэтому критерием безопасности погашения выработанного пространства становится область его опасного влияния - часть массива пород, где над выработками возможно развитие опасных напряжений и деформаций [[10].].

Если в зону опасного влияния выработанного пространства попадают охраняемые объекты: эксплуатируемые горные выработки, отрабатываемые и подлежащие отработке рудные тела, поверхностные сооружения и т.п., выработанное пространство погашается с закладкой с минимально допустимой компрессией.

Связь между предельно допустимыми эквивалентными пролетами пород кровли выработок ( $L_\alpha^o$ ) в рудных телах с углом падения  $\alpha$  выражается зависимостью:

$$L_\alpha^o = K_\alpha L^o,$$

где  $L^o$  – предельно допустимый эквивалентный пролет пород кровли горизонтальной выработки;  $K_\alpha$  – коэффициент учета угла наклона выработки:

$$K_\alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha + \eta \sin^2 \alpha},$$

где  $\alpha$  – угол падения рудного тела, градус;  $\eta$  – коэффициент бокового распора структурных блоков:

$$\eta = \frac{\mu}{1 - \mu},$$

$\mu$  – коэффициент Пуассона.

Величина  $K_\alpha$  зависит от угла падения рудного тела (таблица).

При превышении предельного пролета горной выработки с плоской кровлей породы обрушаются. Над выработкой образуется свод естественного равновесия, дальше которого обрушение не развивается.

### ***Значения коэффициента угла наклона выработки***

|                          |   |      |      |      |      |      |
|--------------------------|---|------|------|------|------|------|
| Угол падения             | 0 | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   |
| Коэффициент угла наклона | 1 | 1,02 | 1,07 | 1,17 | 1,31 | 1,50 |

Пролет выработки бесконечной длины ( $l$ ), высота свода естественного равновесия над ней ( $h_{св}$ ) и инженерно-геологические характеристики массива связаны между собой [6]:

$$\left( \frac{2R_{сж} k_o d_1 h_{св}}{\gamma g (2H - h_{св})} \right)^2 = h_{св}^2 \left( \frac{l}{2} \right)^2 + \left( \frac{l}{2} \right)^4,$$

где  $d_1$  – размер структурного блока в горизонтальном направлении, м;  $R_{сж}$  – прочность горных пород на сжатие, Па;  $k_o$  – коэффициент структурного ослабления пород;  $h_{св}$  – высота свода естественного равновесия, м;  $\gamma$  – плотность горных пород, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, 9,81м/с<sup>2</sup>;  $H$  – глубина расположения выработки, м;  $l$  – пролет выработки бесконечной длины, м.

Расчет целиков ведется по допустимым напряжениям с учетом коэффициента формы по условию Турнера-Шевякова:

$$\frac{k_H \gamma g H S}{k_\alpha S_\psi} = \frac{k_o k_{\phi 1} k_{\phi 2} R_{сж}}{k_z},$$

где  $k_H$  – коэффициент учета соотношения между размерами рудного тела и глубиной его залегания;  $H$  – глубина расположения целика, м;  $S$  – площадь кровли, приходящаяся на целик, м<sup>2</sup>;  $k_\alpha$  – коэффициент, учитывающий влияние угла падения рудного тела;  $k_o$  – коэффициент структурного ослабления;  $k_{\phi 1}$  – коэффициент формы целика, учитывающий соотношение между шириной и длиной целика;  $k_{\phi 2}$  – коэффициент формы целика, учитывающий соотношение между размерами отрабатываемого рудного тела и глубиной его залегания;

Для целиков, длинная сторона которых расположена по простиранию рудного тела,  $k_\alpha = 1$ , а для целиков, длинная сторона которых расположена по падению:

$$K_\alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha + \eta \sin^2 \alpha},$$

где  $\alpha$  – угол падения рудного тела, градус;  $\eta$  – коэффициент бокового распора;  $R_{сж}$  – прочность слагающих целик пород, Па;  $k_z$  – коэффициент запаса прочности целика.

$$S_\psi = \frac{0,7 \gamma g H S}{k_o R_{сж} k_\alpha}.$$

Для ленточных целиков, расположенных по падению рудного тела, ширина целика:

$$a_{\psi n} = \frac{0,35 \gamma g H (L_{факт1} + L_{факт2})}{k_o R_{сж} k_\alpha},$$

где  $L_{факт1}$  и  $L_{факт2}$  – фактические эквивалентные пролеты кровли выработки участков, разделенных целиком, м;

Для ленточных целиков, расположенных по простиранию рудного тела:

$$a_{ин} = \frac{0,35\gamma gH(L_{факт1} + L_{факт2})}{k_o R_{сж}}$$

Под глубиной залегания целика (Н) подразумевается расстояние от поверхности до среднего по его длине сечения целика.

Наибольшая ширина целика  $a_{и\max}$  имеет место, когда разделяемые участки имеют предельно допустимые размеры [9]:

$$L_{факт1} \text{ и } L_{факт2} = L_{\alpha}^o.$$

Устойчивое состояние кровли не исключает отдельных вывалов блоков пород, поэтому в случае необходимости нахождений рабочих в выработанном пространстве используют распорную крепь [10]:

$$L_{кр} = \sqrt{\frac{6,28k_1k_2\varphi\sigma_{сж}r_{см}^2}{\gamma g d_2}},$$

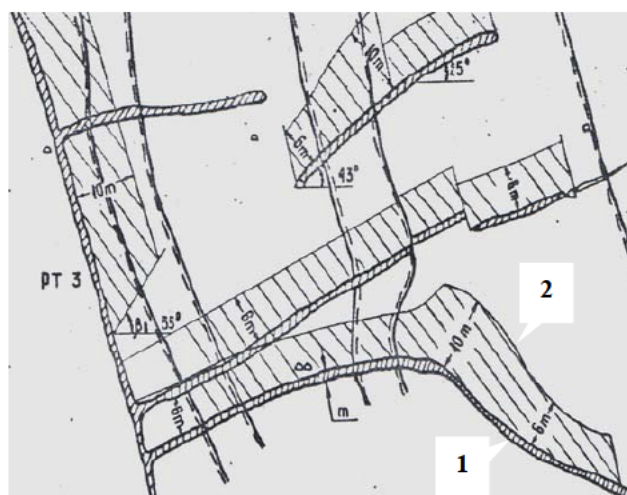
где  $L_{кр}$  шаг крепления распорной крепью, м;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий постоянство действия нагрузки на крепь;  $k_2$  – коэффициент, учитывающий условия работы крепи;  $\varphi$  – коэффициент продольного изгиба;  $\sigma_{сж}$  – сопротивление древесины при сжатии вдоль волокон, Па;  $r$  – радиус стойки, м;  $\gamma$  – плотность горных пород, кг/м<sup>3</sup>;  $G$  – ускорение свободного падения, м/сек<sup>2</sup>;  $d_2$  – вертикальный размер структурного блока, м.

Шаг распорной крепи при диаметре стоек 20-24 см примерно равен 3 м.

Для построения области опасного влияния погашаемой выработки на разрезе вкрест простирания от нижней границы выработанного пространства в породах висячего бока проводится прямая линия под углом  $\beta = 55^\circ$  до пересечения с линией, проведенной параллельно кровле рудного тела и отстоящей от нее по нормали на расстоянии  $h$ , кратном вынимаемой мощности рудного тела  $m$ :

- на участках с перепуском обрушенных пород – 10 м;
- на участках с естественным обрушением пород – 16 м [12].

По простиранию рудного тела область ограничивается линиями, проведенными от границ выработанного пространства по простиранию под углом  $85^\circ$  до плоскости, отстоящей от рудного тела на указанном выше расстоянии  $h$  (рис. 4).



**Рис. 4. Разрез вкрест простирания: 1 - рудное тело; 2 - зона влияния выработанного пространства**

При угле падения рудного тела менее  $30^\circ$  боковые границы области проводятся на разрезах вкрест простирания от верхней и нижней границ горных работ параллельно напластованию вмещающих пород, а на разрезах по простиранию под углом  $\beta = 85^\circ$ .

Верхняя граница области проводится параллельно кровле рудного тела на расстоянии от нее по нормали к рудному телу  $h=6\text{ м}$ . При углах падения рудного тела  $30^\circ$  и более высота ее над верхней границей горных работ увеличивается до  $h=10\text{ м}$ .

Выработанное пространство с обнажениями пород до  $12000\text{ м}^2$  изолируется перемычками толщиной  $0,25\text{ м}$  из бетона марки М-100.

В качестве изолирующих перемычек используют породы подходящих выработок, обрушенные взрыванием зарядов в скважинах диаметром 57-65 мм на глубину 2,5 м.

Пример расчета параметров очистного пространства. Рудное тело залегает в водорослевых известняках внутренней части тектонического блока. Падение рудного тела под углом  $20^\circ$ . Максимальная длина по падению в северной части около 130 м, длина по простиранию – 160 м. Глубина залегания нижнего края рудного тела 90 м. Мощность рудного тела до 2 м.

При глубине залегания – 390 м, и угле падения  $20^\circ$ , предельно-допустимый эквивалентный пролет плоской кровли равен 60 м.

Фактический эквивалентный пролет по всему рудному телу

$$L_{\text{факт}} = \frac{130 \times 160}{\sqrt{130^2 + 160^2}} = 101\text{ м}.$$

Так как  $L_{факт} > L_{\alpha}^o$ , рудное тело необходимо разделить на участки, параметры каждого из которых не превышают предельно допустимых. По простиранию максимальный размер рудного тела равен 160 м. Учитывая, что предельно-допустимый эквивалентный пролет плоской кровли равен 60 м, целесообразно разделить рудное тело на 3 участка шириной  $160:3=53$  м.  $L_{факт}$  каждого участка  $< L_{\alpha}^o$ , поэтому участка при ширине 53 м устойчивы при любой длине. Выемочные участки между собой разделяются расположенными длинной стороной по падению целиками шириной 5 м.

Рудные целики могут быть заменены на искусственные массивы из твердеющих смесей, изготавливаемых, например, из утилизируемых отходов обогащательного передела после извлечения из них металлов с помощью новых технологий, например, механохимической активации [19-20].

Наиболее производительны и безопасны варианты систем с отбойкой из выработок без нахождения работающих в выработанном пространстве.

#### Выводы

1. Эффективность подземной разработки пологих маломощных месторождений металлов определяется путем обеспечения геомеханической сбалансированности участков рудовмещающих породных массивов за счет сохранения плоской формы кровли очистных выработок.

2. Минимизация затрат на управление состоянием массива, повышение качества руд и безопасности работ обеспечивается при использовании безопасных по напряженности эквивалентных пролетов обнажения пород по предлагаемой методике.

#### Список литературы

1. Белова А. Г., Корнилов С. В. О технологической платформе «Твердые полезные ископаемые» // Горный журнал. 2012. №1. С.23-29.
2. Состояние и пути развития минерально-сырьевого комплекса Центрального ФО / Н. И. Сычкин, В. В. Петрухин, Н. И. Прокофьева, О. В. Осауленко, А. Н. Ефремов, П. М. Кандауров // Разведка и охрана недр. 2008. № 9. С. 56-66.
3. Грязев М.В., Качурин Н.М., Захаров Е.И. Горнодобывающая отрасль в экономике Тульской области. Состояние и перспективы // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2015. № 2. С. 57-66.
4. Практика разработки маломощных пологих и наклонных жил Бом-Горхонского вольфрамового месторождения / В.М. Лизункин, Р.В. Ситников, Е.Н. Чо-дин-чо, М.В. Лизункин. Чита. ЧитГУ. 2007. Ч. 1. С. 108-111.

5. Sun Chao, Bo Jing-shan, Liu Hong-shuai. Study on Influencing Factors of Ground Settlement over Mined-Out Area // Journal of Jilin University. – Earth Science Edition. 2009. №3. P. 498–502.

6. Оценка устойчивости несущих элементов камерной системы разработки/ С. Ю. Лобанов, А. Ю. Шумихина, И. С. Ломакин, В. Н. Токсаров, А. В. Евсеев //Горный журнал. 2013. №6.С.89-94.

7. Ляшенко В.И. Природоохранные технологии освоения сложно-структурных месторождений полезных ископаемых. ГИПРОЦВЕТМЕТ. Маркшейдерский вестник. 2015. № 1. С.10–15.

8. Wang D. S., Chang J. P., Yin Z. M., Lu Y. G. Deformation and failure characteristics of high and steep slope and the impact of underground mining // Transit Development in Rock Mechanics-Recognition, Thinking and Innovation : Proceedings of the 3<sup>rd</sup> ISRM Young Scholars Symposium on Rock Mechanics. USA, 2014. P. 451–457.

9. Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Geomechanical terms of use of the mill tailings for preparation//Metallurgical and Mining Industry. 2015. №4. P. 321–324.

10. Голик В.И. Подземная разработка месторождений. М.: Инфра. М. 2014. 115 с.

11. Wittke W. Rock Mechanics Based on an Anisotropic Jointed Rock Model (AJRM). Verlag : Wilhelm Ernst & Sohn, 2014. 875 p.

12.Zhang X., Han Y., Liu S., Su C. Deformation prediction analysis model for the mine shaft-wall. Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban) // Journal of Liaoning Technical University.Natural Science Edition. 2014. No.33(8). P. 1070–1073.

13. Голик В.И., Комащенко В.И., Качурин Н.М. Концепция комбинирования технологий разработки рудных месторождений // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2015. Вып. 4. С.76–88.

14.Голик В.И. Природоохранные технологии разработки рудных месторождений. М.: Инфра. 2014. 190 с.

15. Зуев Б.Ю. Физическое моделирование геомеханических процессов в блочно-иерархических массивах на основе единого комплексного условия подобия// Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. №4. С 67-73.

16. Смирнов С.М., Еременко А.А. Выбор и обоснование состава закладочной смеси из местных материалов при слоевой системе разработки Рубцовского полиметаллического ОАО Сибирь-полиметаллы Уральской горно-металлургической компании // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. №7. С.167-175.

17. Смирнов С.М., Татарников Б.Б., Александров А.Н. Влияние гео-динамических условий отработки рудного участка на технологию очистных работ с закладкой выработанного пространства//Горный информаци-

онно-аналитический бюллетень. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. №11. С.172-178.

18. Твердеющие смеси на основе лежалых техногенных отходов / Е.А. Ермолович, К.А. Измestьев, И.А. Шок, А.Л. Сергеев // Горный информационно – аналитический бюллетень. 2013. №3. С.68-75.

19. Golik V.I., Hasheva Z. M., Economical Efficiency of Utilization of Allied Mining Enterprises Waste// Medwell Journals, The Social Sciences. 2015. № 10 (5). P. 682-686.

20. Freeman A. M., Herriges J. A., Kling C. L. The measurement of environmental and resource values. Theory and methods. New York, USA : RFF Press. 2014. P.325.

*Голик Владимир Иванович, д-р техн. наук, проф., v.i.golik@mail.ru, Россия, Владикавказ, Северо-Кавказский государственный технологический университет*

# ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МАЛОМОЩНЫХ ПОЛОГИХ РУДНЫХ ТЕЛ НА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

*V. I. Golik*

*An assessment of natural and resource capacity of Russia and Central Federal District and Tula region is given. Features of localization the pologopadayushchikh of low-power ore bodies of metal fields and technologies of their development are characterized. Bases of a technique of determination of parameters of safe exposures of a roof, proceeding from ideas of a three-hinged arch of structural blocks of breeds are stated. The method of creation of area of dangerous influence of repayable development on the massif and the land surface over it is recommended. The example of calculation of parameters of clearing space is given. The direction of replacement of ore tselik with artificial massifs gaining development from utilizable waste of concentrating repartition after extraction of metals from them by means of mechanochemical activation is designated.*

*Key words: field, natural and resource potential, pologopadayushchy ore bodies, technology of development, three-hinged arch, structural block, tension.*

*Golik Vladimir Ivanovich, Doctor of Sciences, Full Professor, v.i.golik@mail.ru, Russia, Vladikavkaz, Northern-Caucasian State Technological University*

## Reference

1. Belova A. G., Kornilov S. V. O tehnologicheskoy platforme «Tverdye poleznye iskopaemye»//M. Gornyj zhurnal. 2012. №1. S.23-29.

2. Sostojanie i puti razvitija mineral'no-syr'evogo kompleksa Central'nogo FO / N. I. Sychkin, V. V. Petruhin, N. I. Prokof'eva, O. V. Osaulenko, A. N. Efremov, P. M. Kandaurov // Razvedka i ohrana neдр. 2008. № 9.S. 56-66.

3. Grjazev M.V., Kachurin N.M., Zaharov E.I. Gornodobyvajushhaja otrasl' v jekonomike Tul'skoj oblasti. Sostojanie i perspektivy. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2015. № 2. S. 57-66.

4. Lizunkin M.V. Praktika razrabotki malomoshhnyh pologih i naklonnyh zhil Bom-Gorhonskogo vol'framovogo mestorozhdenija / V.M. Lizunkin, R.V. Sitnikov, E.N. Chodinch, M.V. Lizunkin // Chita. ChitGU. 2007. Ch. 1. S. 108-111.
5. Sun Chao, Bo Jing-shan, Liu Hong-shuai. Study on Influencing Factors of Ground Settlement over Mined-Out Area // Journal of Jilin University. – Earth Science Edition. 2009. №3. R. 498–502.
6. Ocenka ustojchivosti nesushhih jelementov kamernoj sistemy razrabotki/ S. Ju. Lobanov, A. Ju. Shumihina, I. S. Lomakin, V. N. Toksarov, A. V. Evseev //Gornyj zhurnal. 2013. №6.S.89-94.
7. Ljashenko V.I. Prirodoohrannye tehnologii osvoenija slozh-nostrukturnykh mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. GIPROCVET-MET. Markshejderskij vestnik. 2015. № 1. C.10–15.
8. Wang D. S., Chang J. P., Yin Z. M., Lu Y. G. Deformation and failure characteristics of high and steep slope and the impact of underground mining // Transit Development in Rock Mechanics-Recognition, Thinking and Innovation : Proceedings of the 3rd ISRM Young Scholars Symposium on Rock Mechanics. USA, 2014. R. 451–457.
9. Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Geomechanical terms of use of the mill tailings for preparation//Metallurgical and Mining Industry. 2015. №4. R. 321–324.
10. Golik V.I. Podzemnaja razrabotka mestorozhdenij. M.: In-fra. M. 2014. 115 s.
11. Wittke W. Rock Mechanics Based on an Anisotropic Jointed Rock Model (AJRM). – Verlag : Wilhelm Ernst & Sohn, 2014. 875 p.
- 12.Zhang X., Han Y., Liu S., Su C. Deformation prediction analysis model for the mine shaft-wall. Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban) // Journal of Liaoning Technical University.Natural Science Edition. 2014. No.33(8). R. 1070–1073.
13. Golik V.I., Komashchenko V.I., Kachurin N.M. Konceptija kom-binirovanija tehnologij razrabotki rudnyh mestorozhdenij. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2015. Vyp. 4. S.76–88.
- 14.Golik V.I. Prirodoohrannye tehnologii razrabotki rudnyh mestorozhdenij. M.: Infra. 2014. 190 s.
15. Zuev B.Ju. Fizicheskoe modelirovanie geomechanicheskikh processov v blochnierarhicheskikh massivah na osnove edinogo kompleksnogo uslovija podobija// Gornyj informacionno –analiticheskij bjulleten'. 2014. №4. S 67-73.
16. Smirnov S.M., Eremenko A.A. Vybora i obosnovanie sostava zakladочноj smesi iz mestnyh materialov pri sloevoj sisteme razrabotki Rubcovskogo polimetallicheskogo OAO Sibir'-polimetalloy Ural'skoj gorno–metallurgicheskoy kompanii // Gornyj informacionno –analiticheskij bjulleten'. 2014. №7. S.167-175.
17. Smirnov S.M., Tatarnikov B.B., Aleksandrov A.N. Vlijanie geodinamicheskikh uslovij otrabotki rudnogo uchastka na tehnologiju ochistnyh rabot s zakladkoj vyrabotannogo prostranstva//Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. Gornyj informacionno – analiticheskij bjulleten'. 2014. №11. S.172-178.
18. Tverdejushhie smesi na osnove lezhalyh tehnogennyh othodov / E.A. Ermolovich, K.A. Izmet'ev, I.A. Shok, A.L. Sergeev // Gornyj informacionno – analiticheskij bjulleten'. 2013. №3. S.68-75.
19. Golik V.I., Hasheva Z. M., Economical Efficiency of Utilization of Allied Mining Enterprises Waste// Medwell Journals, The Social Sciences. 2015. № 10 (5). R. 682-686.
20. Freeman A. M., Herriges J. A., Kling C. L. The measurement of environmental and resource values. Theory and methods. New York, USA : RFF Press. 2014. R.325.

УДК: 622.81:622.271:622.235

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РУД ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ОБРУШЕНИЕМ

В.И. Голик, В.И. Комащенко, И.И. Савин

*Область применения технологий разработки металлических месторождений полезных ископаемых, отработка которых подземным способом в настоящее время нерентабельна, может быть увеличена применением рекомендованной технологии с добычей руд под металлическим перекрытием. Обрушение пород на перекрытие устраняет главный недостаток технологии с обрушением: разубоживание породой и делает добытую руду конкурентоспособной. Показаны перспективы эксплуатации месторождений округа связаны с вовлечением в производство сравнительно небогатых минеральных ресурсов для повышения конкурентоспособности добываемого сырья за счет улучшения его качества при комбинировании инновационных природо- и ресурсосберегающих технологий. За счет использования перекрытий повышается качество использования недр, обеспечивается сохранение земной поверхности и минимизируется ущерб окружающей среде уменьшением объемов выдачи минеральных масс на поверхность. Вовлечение в производство сравнительно не больших, но высококачественных запасов месторождений способствует упрочнению минерально-сырьевой базы России в условиях предстоящей конверсии добычи металлических руд с открытого способа на подземный.*

*Ключевые слова: месторождение, разработка, разубоживание, потери, земная поверхность, металлическое перекрытие, подземный способ, обрушение.*

В условиях растущего спроса на продукцию металлдобывающих предприятий увеличивается актуальность проблемы производства металлов. Конкурентоспособность горных предприятий повышается путем диверсификации производства, повышения качества, снижения затрат и комплексного использования металлического сырья [1-4]. Препятствием для развития горного производства являются неблагоприятные горно-геологические и горнотехнические условия разработки месторождений.

Россия является одним из мировых лидеров по запасам, добыче и переработке металлических руд. На ее территории сосредоточено до 25 % мировых запасов железных руд, но по объему их добычи Россия находится лишь на пятом месте. Доля России в мировой добыче уменьшается. В ближайшей перспективе предприятиям КМА предстоит освоение технологий разработки месторождений подземным способом взамен исчерпывающего себя открытого способа [5-6].

В регионах Центрального Федерального округа разведано более 10 тысяч месторождений полезных ископаемых, из которых более 1000 горнодобывающих предприятий эксплуатируют более 1,5 тыс. месторождений. На территории округа сосредоточено до 60 % запасов железных руд России.

Самой высокой ценностью недр обладают Белгородская и Курская области, мощный потенциал имеет Тульская область, где расположены месторождения железных руд и разведаны крупные запасы бурого угля. Область располагает запасами железных руд, содержащими около 47 % железа, а лучшие из них черепковые руды имеют его до 60 %.

Основные запасы железяков находятся на глубине до 34 м, где локализованы в рудных телах мощностью до 4,5 м с содержанием железа до 54 %. Тульское месторождение имеет протяженность около 60 км при ширине 15 – 20 км. Качество руд позволяет использовать их в доменном производстве без предварительного обогащения. В 80-е 90-е годы XIX в. в Тульском регионе добыча пирита и марказита составляла около 90 % добычи России.

Среди систем подземной разработки аналогичных металлических месторождений наиболее распространены технологии с обрушением, среди которых преобладают варианты с подэтажным обрушением [7-8]. При этом в обрушенной руде наблюдается эффект вторичного разрыхления, увеличивающий потери и разубоживание при отработке запасов.

Одной из причин медленного вовлечения месторождений в эксплуатацию является недостаток инвестиций для их освоения. Другой, не менее важной, является сложность подземной разработки месторождений, сложенных пологозалегающими рудными телами малой и средней мощности. Разработка рудных тел мощностью от 0,6...0,8 м до 15 м с углом падения до 25° с породными включениями характеризуется потерями и разубоживанием руды при добыче до 25-35 %, а небольшая высота очистного пространства ограничивает возможность использования современной техники.

Особенностью управления состоянием рудовмещающего массива в таких условиях является большая площадь обнажения рудовмещающих пород с развитием напряжений и соответствующих им деформаций. Уменьшить потери в охранных целиках пытаются путем поддержания пород кровли крепью, которая не работает в заданном режиме при воздействии взрывной волны и механизмов.

Совершенствование параметров технологий разработки месторождений основывается на закономерностях взаимодействия геологических, горнотехнических и геомеханических факторов [9-13].

Переход предприятий на добычу подземным способом разработки неизбежен, потому что открытый способ разработки вступил в антагонистические противоречия с жизненными интересами региона. Центральный черноземный район характеризуется высокой плотностью населения и располагает землями, обеспечивающими продовольственную безопасность России, поэтому технологии с разрушением земной поверхности становятся неприемлемыми.

Размеры и форма рудных тел месторождений Центрального Федерального округа позволяют прогнозировать в качестве основной камерную технологию разработки с закладкой пустот твердеющими смесями. Она характеризуется хорошими показателями качества руд, полнотой использования недр и высокой производительностью добычи, но резко увеличивает стоимость продукции.

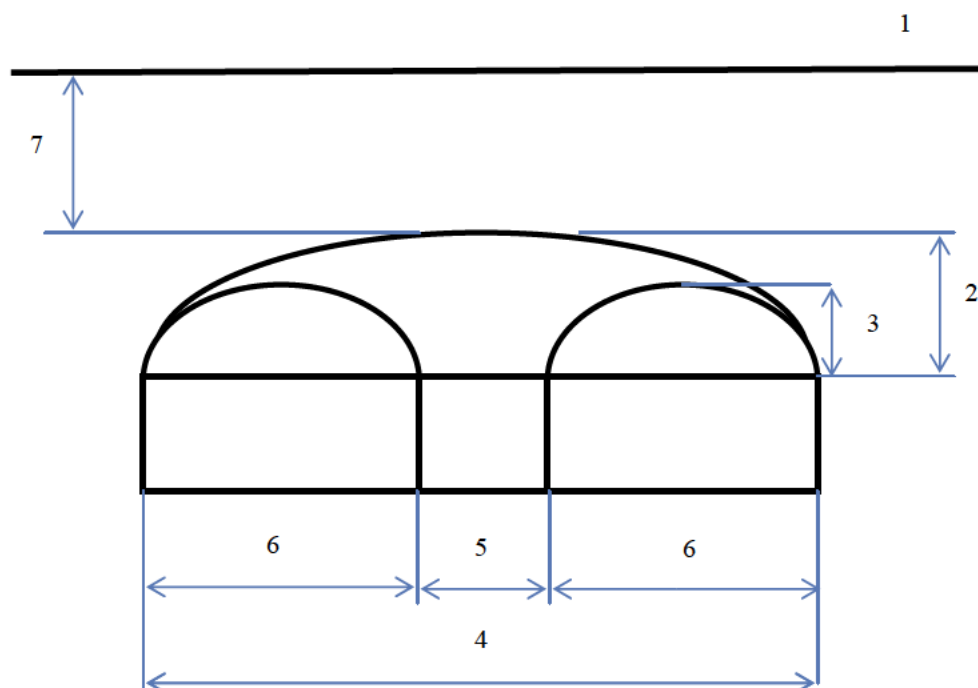
Уникальной проблемой месторождений Тульской области является совместное залегание железных руд и бурых углей, поэтому угли могут добываться только после выемки рудных залежей. Угольные месторождения представлены большими залежами, а рудные имеют сравнительно небольшие запасы. Возможность и целесообразность совместной месторождений разработки ожидает решения.

Главной проблемой разработки подобных Тульским месторождений становится предотвращение развития деформаций массива до опасного для земной поверхности уровня и разъединение полезных компонентов и пород при выпуске из выработанного пространства. Негативное воздействие факторов, определяющих качество совместных добычных работ, можно ослабить путем стабилизации процесса обрушения и разделения рудных и породных потоков.

Можно прогнозировать, что совместную разработку углей и руд в рамках одного месторождения будут осуществлять, комбинируя технологии с поэтажным обрушением и с закладкой твердеющими смесями. Возможность комбинирования технологий предоставляет использование разделяющих металлических месторождений.

Управления состоянием массива с сохранением земной поверхности от разрушения и повышение качества минерального сырья обеспечивается разделением месторождения на геомеханически сбалансированные участки путем выемки минерального сырья технологиями с закладкой камер твердеющими смесями. Основной объем запасов извлекается из недр технологией с обрушением налегающих пород. Сохранность земной поверхности обеспечивается снижением пролетов обнажения очистных выработок до приемлемых размеров зоны их опасного влияния. При извлечении запасов создаются условия, когда над выработкой обрушающиеся породы создают устойчивый свод из заклинившихся за счет разрыхления отдельностей (рис. 1).

Обеспечение конкурентоспособности основного объема добываемого сырья может быть повышено радикальным уменьшением разубоживания при выпуске отбитой горной массы под защитой гибких металлических перекрытий. Это позволяет вовлечь в рентабельную отработку запасы сравнительно небогатого сырья и обеспечить нужный инвестиционный климат регионам добычи.



**Рис. 1. Схема комбинирования технологий разработки по геомеханическим условиям: 1 – земная поверхность; 2 – высота зоны влияния горных работ до деления; 3 – высота зоны влияния горных работ после деления; 4 – ширина рудного тела; 5 – ширина заложённой твердеющей смеси камеры; 6 – ширина камер для технологии с обрушением под перекрытием; 7 – глубина горных работ**

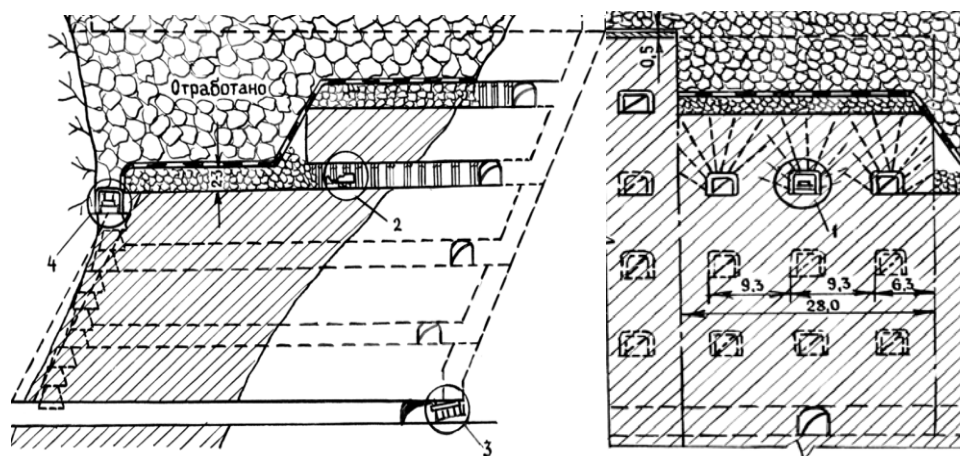
Гибкие металлические перекрытия создают непроницаемую для породных кусков сеть, плавное перемещение которой минимизирует интенсивность развития напряжений вследствие сокращения времени существования выработанного пространства без заполнения с развитием деформаций в окрестностях очистной выработки (рис. 2).

Если перспективы технологий с закладкой твердеющими смесями исследованы достаточно полно, то технологии с обрушением под перекрытием имеют сравнительно короткую историю использования, преимущественно, на рудниках Казахстана и нуждаются в детализации. Успех комбинирования нетрадиционной технологии определяется характером и параметрами перемещения перекрытий в рамках технологического процесса, поэтому исследования перспектив технологий с гибкими металлическими перекрытиями включают в себя задачи:

- подготовка блоков к использованию металлических перекрытий;
- оптимизация параметров отбойки руд;
- организация монтажа перекрытия.

Подготовка блоков к использованию металлических перекрытий

Высота блока ограничивается размерами этажа и обычно не превышает 90 м.



**Рис. 2. Подэтажное обрушение с металлическим перекрытием:**  
**1 – руда; 2 – погрузочная машина; 3 – вибролюк; 4 – машина**  
**для изготовления перекрытия**

Высота подэтажа для варианта с монтажом перекрытия в двух-трех плоскостях:

$$\frac{T_{\max}}{2 \cos \varphi} = \frac{R_z}{K_z}.$$

Чаще всего высота подэтажа равна 10 м.

Ширина выемочной панели определяется устойчивыми размерами межортковых целиков и возможностями доставочной техники. При ширине целика 7,5 м ширина панели равна 10...12 м, что удовлетворяет условиям применения самоходной погрузочно-доставочной техники.

Ширина блока может включать до 5-6 панелей. При отработке по схеме "Блок-Залежь" сплошное перекрытие настилается по всей площади залежи и под ним ведутся работы одновременно в 5-6 ортах.

Длина блока определяется мощностью рудного тела и имеет предел, ниже которого применение системы подэтажного обрушения с гибким металлическим перекрытием неэффективно.

Технология с обрушением под перекрытием и использованием самоходной техники предусматривает полевую подготовку блоков со стороны лежачего бока рудного тела. Под этажные штреки соединяются наклонным транспортным съездом для передвижения самоходного оборудования, транспортировки грузов и вентиляции. Подэтажные орты проходятся через 10...12 м. За критерий оптимальности буровзрывных и доставочных работ принимался показатель производительности труда забойного рабочего под перекрытием. Такой подход к оценке эффективности параметров БОР целесообразен, потому что дробление имеет рациональ-

ные пределы, определяемые затратами на отбойку и выпуск. Минимум суммы этих затрат является показателем параметров буровзрывных работ.

Для сокращения сроков подготовки блоков проходку выработок совмещают по условию:

$$t_{\phi} = t_n,$$

$$l_{\phi} v_n = l_n \times n v_{\phi},$$

где  $t_{\phi}$  – время доработки верхнего подэтажа;  $t_n$  – время подготовки нижнего подэтажа;  $l_{\phi}$  – расстояние от лежачего бока рудного тела до забоя верхнего подэтажа, дорабатываемого к началу подготовительных работ на нижнем подэтаже, м;  $v_{\phi}$  – скорость продвижения фронта очистных работ на подэтаже, м/мес.;  $l_n$  – длина подэтажной выработки, м;  $n$  – количество подэтажных выработок в блоке;  $v_n$  – скорость проходки подэтажной выработки, м/мес.

Для обеспечения достаточного фронта очистных работ проходят одновременно несколько подэтажных выработок с совмещением операций и перемещением оборудования из одного забоя в другой. В течение рабочей смены в одновременной работе находятся несколько машин.

#### *Оптимизация параметров отбойки руд*

Для реализации технологии добычи руды под перекрытием важно установление взаимосвязи параметров буровзрывных и доставочных работ. Штанговые скважины глубиной до 8 м бурят телескопными перфораторами и колонковыми перфораторами. Отбойка осуществляют взрыванием ВВ в скважинах с коэффициентом сближения между скважинами до 2-2,7 при шахматном расположении скважин в смежных веерах и применении короткозамедленного междувеерного электровзрывания.

За критерий оптимальности буровзрывных и доставочных работ принимался показатель производительности труда забойного рабочего под перекрытием. Минимум суммы этих затрат является показателем эффективности буровзрывных работ (рис. 3).

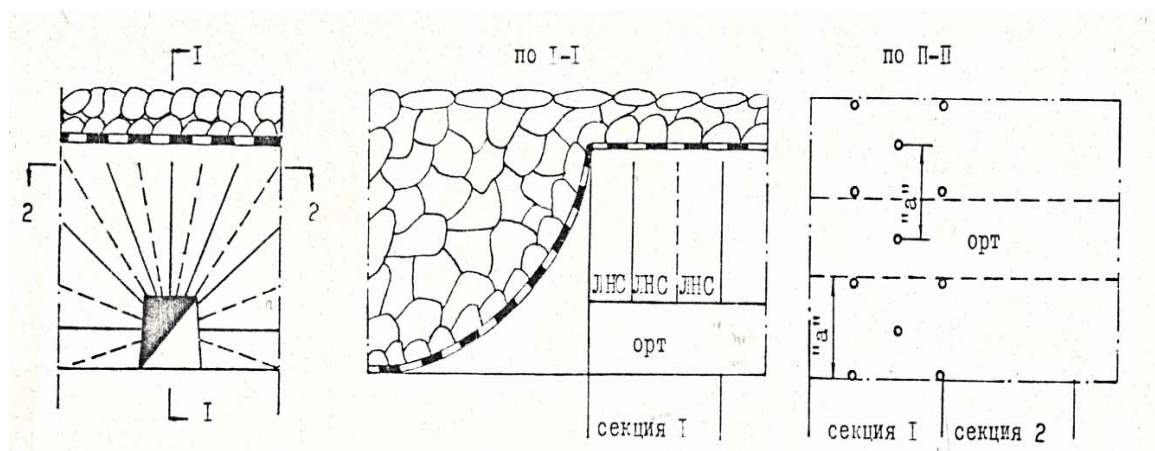
Производительность труда:

$$П = \frac{V_{од}}{З_{\phi} + З_{\phi}},$$

где  $V_{од}$  – объем отбитой и доставленной руды;  $З_{\phi}$  – трудовые затраты на бурение и доставку отбитой руды;  $З_{\phi}$  – трудовые затраты на доставку отбитой руды.

Рациональные параметры буровзрывных работ устанавливают экспериментально при постоянной высоте подэтажа и ширине панели и переменных факторах: расстояние между веерами скважин (ЛНС) 0,8; 1,0; 1,2; 1,5 м; расстояние между концами скважин (а) – 1,5; 1,8; 2,1 м при диаметре скважин 52 мм. В ходе экспериментов пробурено и взорвано около 3

тыс. метров скважин, отбито около 4000 м<sup>3</sup> руды. Коэффициент заполнения скважин – 0,7. Качество дробления определялось путем обмера фракций в забое и на грохотах.



**Рис. 3. Схема расположения взрывных скважин при добыче руд под перекрытием**

Эксперимент 1:  $a=1,5$  м; , ЛНС = 0,8; 1,0; 1,2; 1,5 м.

Эксперимент 2:  $a=1,8$  м; ЛНС=0,8; 1,0; 1,2; 1,5 м.

Эксперимент 3:  $a=2,1$  м; ЛНС =0,8; 1,0; 1,2; 1,5 м.

Эксперимент 1:  $a=1,5$  м; ЛНС = 0,8; 1,0; 1,2; 1,5 м. В ходе отбойки 1300 м<sup>3</sup> руды удельный расход ВВ изменялся от 1,92 до 1,02 кг/м<sup>3</sup>, а выход негабарита - от 3,6 до 15,3 %, что снизило производительность доставки в 2,8 раза. Максимальная производительность забойного рабочего 13,2 м<sup>3</sup>/чел.см достигнута при ЛНС=1,2 м. Удельный расход ВВ составил 1,26 кг/м<sup>3</sup>, выход негабарита – 8,6 %.

Эксперимент 2:  $a=1,8$  м; ЛНС=0,8; 1,0; 1,2; 1,5 м. Расстояние между концами скважин 1,8 м, значение ЛНС то же. Отбито 1200 м<sup>3</sup> руды. Удельный расход ВВ изменился от 1,62 до 0,9 кг/м<sup>3</sup>. Производительность бурения увеличилась на 20 %. Выход негабарита изменялся от 4 % при ЛНС=0,8 м до 16,3 % при ЛНС=1,5 м. Производительность труда забойного рабочего изменилась от 11,2 м<sup>3</sup>/чел.см до 13,9 м<sup>3</sup>/чел.см.

Максимальная производительность труда забойного рабочего отмечена при ЛНС=1,0, минимальная при ЛНС=1,5 м. При ЛНС=1,0, несмотря на увеличение выхода негабарита до 6,6 % против 4 % при ЛНС=0,8 м и уменьшение производительности доставки на 27 % производительность труда забойного рабочего увеличилась до 13,9 м<sup>3</sup>/чел.см. Оптимальными оказались параметры: ЛНС=1,0 м; расстояние между концами скважин – 1,8 м; коэффициент сближения зарядов – 1,8; удельный расход ВВ – 1.33 кг/м<sup>3</sup>.

Эксперимент 3:  $a=2,1$  м; ЛНС =0,8; 1,0; 1,2; 1,5 м. Удельный расход ВВ, в зависимости от объема отбойки, изменялся от 1,57 до 0,85 кг/м<sup>3</sup>,

выход руды с 1 м скважины от 1,19 до 2,23 м<sup>3</sup>/м. Выход негабарита при ЛНС=0,8 составил 5,4 %, а при ЛНС = 1,5 м увеличился до 20,3 %. Производительность труда забойного рабочего изменялась от 8,3 м<sup>3</sup>/чел.см при ЛНС=1,5 м до 14,2 м<sup>3</sup>/чел.см при ЛНС=1,0 м. Максимальная производительность труда забойного рабочего 14,2 м<sup>3</sup>/чел.см достигнута при расстоянии между концами скважин-2,1м, коэффициенте сближения зарядов - 2,1 и удельном расходе ВВ – 1,26 кг/м<sup>3</sup>.

В данном случае рациональными параметрами отбойки руды под гибким перекрытием являются: ЛНС=1,0 м; расстояние между концами скважин – 2,1 м; коэффициент сближения между зарядами – 2,1; удельный расход ВВ - 1,26 кг/м<sup>3</sup>; диаметр скважин – 52 мм.

#### *Организация монтажа перекрытия*

Система слоевого обрушения с гибким перекрытием предусматривает отработку монтажного слоя в одной горизонтальной плоскости. Вариант подэтажного обрушения с гибким перекрытием предусматривает отработку монтажного слоя в двух плоскостях: горизонтальная часть по верхней части блока и наклонная часть по контакту висячего бока.

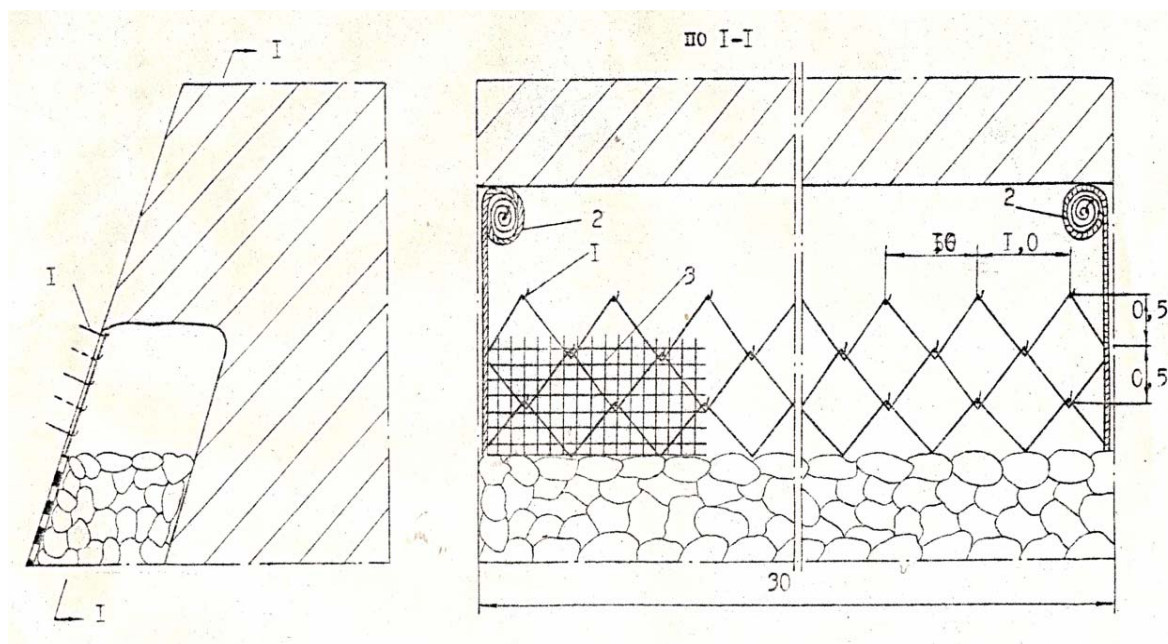
Наклонную часть монтажного слоя обрабатывали системой слоевого обрушения заходками из восстающих выработок, что оказалось мало малоэффективной операцией. Трудоемкость составляла более 30 % от трудоемкости отработки блока, а производительность забойного рабочего редко превышала 2,5 м<sup>3</sup>/чел.см.

Для повышения показателей рудное тело на контакте с висячим боком обрабатывают с магазинированием руды на высоту блока снизу вверх. Выемка руды осуществляется или сплошным забоем с обурированием по длине блока восходящими шпурами или потолкоуступным забоем с обурированием горизонтальными шпурами. По мере продвижения забоя по его висячему боку монтируется перекрытие (рис. 4).

Такой способ отработки наклонной части монтажного слоя отличается более комфортными условиями для монтажа перекрытия, большей производительностью работ, более высокой скоростью оборудования монтажного слоя и хорошей вентиляцией очистного пространства.

Производительность труда забойного рабочего увеличилась до 5,0 м<sup>3</sup>/чел.см., скорость продвижения очистного забоя по восстанию до 15 м/месяц, а производительность рабочего на монтаже перекрытия – до 6 м<sup>3</sup>/чел.см.

Равнопрочное канатно-металлическое перекрытие по типу панцирной сетки состоит из канатной силовой основы, что обеспечивает равномерную работу канатов без деления на несущие и распределяющие элементы.



**Рис. 4. Схема сооружения равнопрочного перекрытия в наклонной части монтажного слоя: 1 - крюк; 2 - канат; 3 - металлические ленты**

Для предотвращения просыпания породной мелочи ячейки перекрываются переплетенными 3...5 метровыми отрезками стальной ленты. Несущие канаты плетутся по типу панцирной сетки с ячейкой 2,5х1,0 м, а в них через 0,5 м вплетаются распределяющие канаты. Диаметр канатов определяется из условия прочности:

$$K_3 = \frac{R_z}{N},$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса прочности;  $R_z$  – предельное разрывное усилие каната;

$$T_{\max} = 0,59h^2,$$

где  $h$  – высота подэтажа,

$$K_3 = \frac{0,59h^2}{2\cos\varphi}.$$

Условию прочности перекрытия удовлетворяют канаты 28+ 32 им.

Новая конструкция перекрытия целесообразна как для монтажа перекрытия в наклонной плоскости, так и в горизонтальной.

Производительность на монтаже составляла соответственно до 5,3 м<sup>2</sup>/чел. см в горизонтальной части и 1,5 м<sup>2</sup>/чел. см наклонной части перекрытия. Производительность монтажных работ увеличивается и за счет уменьшения трудоемкости.

Для монтажа равнопрочного перекрытия в горизонтальной части у висячего бока рудного тела вдоль пройденных заходов протягивается канат диаметром 32 м, на который через 1 м цепляется следующий в виде "змейки" канат, огибая вбитые в почву через 1 м на расстоянии 0,5 м от каната штыри. К уложенному "змейкой" канату крепится переплетением следующий канат, также укладываемый через очередной ряд штырей в виде "змейки", и так далее по ширине заходки. По окончании монтажа в крайней заходке канатные петли выводятся за крепь на 0,5...0,7 м от почвы и крепятся к стойкам.

На силовую канатную основу укладываются ленты длиной 5...6 м с переплетением пучками по 3...5 штук через 0,5...1,0 м и соединением внахлест с напуском 1 м. На 1 м ширины перекрытия в обоих направлениях укладывается по 7 лент. Поверх переплетенных лент укладывается сетка "Рабица". На границах блока перекрытия крепится к канату.

В наклонной части монтажного слоя по висячему боку забоя размещаются крючья по сетке 1,0x0,5 м, на которые навешиваются петли монтажного каната. Сквозь петли по простиранию забоя пропускается очередной канат, петли которого навешиваются на вышерасположенный ряд крючьев. Силовая основа перекрытия оборудуется до кровли.

На границах магазина монтажные канаты крепятся к канату, а отрезки металлических лент вплетаются в канатную основу. Длина отрезков по простиранию 10...15 м, по падению – 2,5...3 м. На 1 м<sup>2</sup> площади перекрытия монтируется 14 лент. По окончании монтажа перекрытия кровля забоя обрушается. Чтобы создать рабочее пространство для дальнейшего монтажа, производится выпуск руды из магазина.

Эффективность системы разработки определяется соотношением объемов работ в монтажном слое и под гибким перекрытием.

Общая площадь монтажного слоя

$$F = \frac{B}{\sin \alpha} [m \sin \alpha + (H - h_2)].$$

Объем добываемой из монтажного слоя руды

$$V = B [mh_2 + h_H (H - h_2)].$$

Объем добываемой из блока руды

$$V_{\text{бл}} = m \times B \times H.$$

Удельный объем добываемой из монтажного слоя руды

$$V_{\text{уд.}} = \frac{mh_2 + h_H (H - h_2)}{mH}.$$

Параметры монтажного слоя из необходимых для монтажа перекрытия условий составляют  $h_2 = 8$  м,  $h_H = 3$  м. С увеличением мощности рудного тела доля запасов монтажного слоя снижается, а затраты на возведение перекрытия на 1 т извлекаемых из блока запасов уменьшаются и

эффективность перекрытия увеличивается. Себестоимость добычи руды и производительность забойного рабочего по системе разработки:

$$C_{\bar{o}} = \frac{(nC_{mc} + 9100 - n)C_{zn}}{100},$$

$$P_{\bar{o}} = \frac{(nC_{mc} + 9100 - n)C_{zn}}{100},$$

$$P_{\bar{o}} = \frac{100P_{mc}P_{zn}}{nP_{zn} + (100 - n)},$$

где  $C_{\bar{o}}$ ,  $P_{\bar{o}}$  – соответственно себестоимость добычи и производительность труда по системе разработки;  $C_{mc}$ ,  $C_{zn}$  – соответственно себестоимость добычи из монтажного слоя с учетом монтажа и под гибким перекрытием;  $P_{mc}$ ,  $P_{zn}$  – соответственно, производительность труда забойного рабочего по монтажному слою и под гибким перекрытием.

Оптимальные условия для применения технологии подэтажного обрушения с гибким перекрытием создаются при отработке рудных тел мощностью более 8-10 м.

Эффективность процессов добычи руд во многом определяет размер извлекаемой стоимости руд и является начальным звеном формирования, как стоимости товарной продукции из первичного сырья [14-16], так и экологических последствий техногенного вмешательства в недра для окружающей природной среды [17-20].

### Выводы

1. Перспективы эксплуатации месторождений Центрального Федерального округа связаны с вовлечением в производство сравнительно небогатых минеральных ресурсов.
2. Условием повышения конкурентоспособности добываемого сырья является повышение его качества при комбинировании инновационных природо- и ресурсосберегающих технологий.
3. Возможности применения высокоэффективных технологий с обрушением сохраняются при комбинировании их с закладкой твердеющими смесями на основе использования разделяющих металлических месторождений.
4. Сооружение гибких металлических перекрытий слоя целесообразно осуществлять системой разработки с магазинированием руды по предложенной схеме.
5. Для широкого применения рекомендуется конструкция перекрытия из равнопрочных несущих элементов.
6. Параметры буровзрывных работ для технологий с перекрытием уточняются экспериментально в условиях конкретных месторождений.

### Список литературы

1. Golik V.I., Komashchenko V.I., Razorenov Yu.I. Activation of technogenic resources in desintegrator // Mine Planning and Equipment Selection Proceedings of the 22nd MPES Conference. Editors: Carsten Drebenstedt, Raj Singhal. 2013. С. 1101-1106.
2. Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Feasibility of using the mill tailings for preparation of self-hardening mixtures // Metallurgical and Mining Industry. 2015. Т. 7. № 3. С. 38-41.
3. Freeman A. M., Herriges J. A., Kling C. L. The measurement of environmental and resource values. Theory and methods. – New York, USA : RFF Press, 2014. P.45-53.
4. Harris J. M., Roach B. Environmental and Natural Resource Economics. A Contemporary Approach. – M. E. Sharpe, Inc., Armonk, New York, 2013. P. 67-85.
5. Рыльникова М.В., Ангелов В.А., Туркин И.С. Обоснование технологической схемы и комплекса оборудования для утилизации текущих хвостов обогащения в выработанном пространстве. Горный информационно – аналитический бюллетень. 2014. №9. С. 115-123.
6. Ляшенко В. И. Экологическая безопасность уранового производства в Украине. Горный журнал. 2014. №4. С 131-135.
7. Parker H. M. Reconciliation principles for the mining industry // Mining Techn. 2012. Vol. 121(3). P. 160–176.
8. Akande J. M., Lawal A. I. Optimization of Blasting Parameters Using Regression Models in Ratcon and NSCE Granite Quarries// Ibadan, Oyo State, Nigeria. Geomaterials. 2013. Vol. 3. No. 1. P. 28–37.
9. Голик В.И., Комащенко В.И., Качурин Н.М. Концепция комбинирования технологий разработки рудных месторождений // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2015. Вып. 4. С. 76-88.
10. Голик В. И., Комащенко В. И. Природоохранные технологии управления состоянием массива на геомеханической основе. М.: КДУ, 2010. 556 с.
11. Нормирование потерь и разубоживания медно-никелевых руд в системах разработки Талнахского и Октябрьского месторождений с закладкой выработанных пространств/ А. Г. Анохин, Н. В. Подкуйко, С. А. Вохмин, Ю. П. Требуш. Горный журнал. 2015. №6. С.98-103.
12. Matthews T. Dilution and ore loss projections: Strategies and considerations //SME Annual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference–Mining: Navigating the Global Waters. Denver, United States. 2015. P. 529–532.

13. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России/ Д.Р. Каплунов [и др.] // ГИАБ. Вып. 1. 2014. №10. С. 89- 96.
14. Соколов И. В., Смирнов А. А.О кондициях для подсчета запасов рудных полезных ископаемых. М. Горный журнал. 2012. №4. С.89-95.
15. Ястребинский М.А. Экономическое обоснование рыночного критерия приведенных затрат и результатов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. №6. С.145-152.
16. Обоснование рациональных вариантов перехода с открытого на подземный способ разработки месторождения Малый Куйбас/ В.Н. Калмыков, С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров, А.А. Гоготин, О.В. Петрова, Н.Г. Томилина// Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. №4. С. 45-52.
17. Петров И.В., Савон Д.Ю., Стоянова И.А. Эколого-экономические последствия реструктуризации угольной промышленности Восточного Донбасса и пути их решения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. №5. С 67-74.
18. Архипов Г. И Горнорудная промышленность в экономике Дальневосточного региона // Горный журнал. 2013. №2. С. 101-106.
19. Грехнев Н.И. Минеральные отходы горных предприятий - экономические и экологические проблемы недропользования в Дальневосточном регионе // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. №8. С.128-133.
20. Молев М.Д., Меркулова М.А. Оценка воздействия предприятий на окружающую среду с использованием комплекса природно-экономических моделей // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. №3. С. 59-66.

*Голик Владимир Иванович, д-р техн. наук, проф., [v.i.golik@mail.ru](mailto:v.i.golik@mail.ru), Россия, Владикавказ, Северо-Кавказский государственный технологический университет,*

*Комащенко Виталий Иванович, д-р техн. наук, проф. [v.i.golik@mail.ru](mailto:v.i.golik@mail.ru), Россия, Владикавказ, Северо-Кавказский государственный технологический университет,*

*Савин Игорь Ильич, д-р техн. наук, проф., [ecology@tsu.tula.ru](mailto:ecology@tsu.tula.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет*

#### *IMPROVEMENT OF QUALITY OF ORES BY UNDERGROUND MINING OF FIELDS WITH THE COLLAPSE*

*V. I. Golik, V. I. Komashchenko, I. I. Savin*

*The scope of technologies of development of metal mineral deposits which working off by an underground method is unprofitable now can be increased by use of the recommended technology with production of ores under metal overlapping. The collapse of breeds*

*on overlapping eliminates the main defect of technology with a collapse: impoverishment by breed also does the extracted ore competitive. The prospects of operation of fields of the district are shown connected with involvement in production of rather poor mineral resources for increase in competitiveness of the extracted raw materials due to improvement of its quality in case of a combination innovative environmental and resource-saving technologies. Due to use of overlapping quality of use of subsoil increases, preserving the land surface is provided and environmental damage is minimized by reduction of amounts of issue of mineral masses by a surface. Involvement in production rather not of big, but high-quality inventories of fields promotes hardening mineral a source of raw materials of Russia in the conditions of the forthcoming conversion of production of metal ores from an open method on underground.*

*Key words: field, development, impoverishment, losses, land surface, metal overlapping, underground way, collapse.*

*Golik Vladimir Ivanovich, Doctor of Sciences, Full Professor, [v.i.golik@mail.ru](mailto:v.i.golik@mail.ru), Russia, Vladikavkaz, Northern-Caucasian State Technological University,*

*Komashchenko Vitalyi Ivanovich, Doctor of Sciences, Full Professor, [v.i.golik@mail.ru](mailto:v.i.golik@mail.ru), Russia, Vladikavkaz, Northern-Caucasian State Technological University,*

*Savin Igor Ilich, Doctor of Sciences, Professor, [ecology@tsu.tula.ru](mailto:ecology@tsu.tula.ru), Russia, Tula, Tula State University*

#### Reference

1. Golik V.I., Komashchenko V.I., Razorenov Yu.I. ACTIVATION OF TECHNOGENIC RESOURCES IN DESINTEGRATOR // Mine Plan-ning and Equipment Selection Proceedings of the 22nd MPES Conference. Editors: Carsten Drebenstedt, Raj Singhal. 2013. S. 1101-1106.
2. Golik V., Komashchenko V., Morkun V. FEASIBILITY OF USING THE MILL TAILINGS FOR PREPARATION OF SELF-HARDENING MIXTURES // Metallurgical and Mining Industry. 2015. T. 7. № 3. S. 38-41.
3. Freeman A. M., Herriges J. A., Kling C. L. The measurement of environmental and resource values. Theory and methods. – New York, USA : RFF Press, 2014. R.45-53.
4. Harris J. M., Roach B. Environmental and Natural Resource Economics. A Contemporary Approach. – M. E. Sharpe, Inc., Armonk, New York, 2013. R. 67-85.
5. Ryl'nikova M.V., Angelov V.A., Turkin I.S. Obosnovanie tehnologicheskoy shemy i kompleksa oborudovaniya dlja utilizacii te-kushhih hvostov obogashheniya v vyrabotannom prostranstve. Gornyy in-formacionno – analiticheskij bjulleten'. 2014. №9. S. 115-123.
6. Ljashenko V. I. Jekologicheskaja bezopasnost' uranovogo proiz-vodstva v Ukraine. Gornyy zhurnal.2014. №4. S 131-135.
7. Parker H. M. Reconciliation principles for the mining industry // Mining Techn. 2012. Vol. 121(3). P. 160–176.
8. Akande J. M., Lawal A. I. Optimization of Blasting Parameters Using Regression Models in Ratcon and NSCE Granite Quarries// Ibadan, Oyo State, Nigeria. Geomaterials. 2013. Vol. 3. No. 1. P. 28–37.
9. Golik V.I., Komashhenko V.I., Kachurin N.M. Konceptcija kom-binirovaniya tehnologij razrabotki rudnyh mestorozhdenij. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2015. Vyp. 4. S. 76-88.

10. Golik V. I., Komashhenko V. I. Prirodoohrannye tehnologii upravlenija sostojaniem massiva na geomehanicheskoj osnove. M.: KDU, 2010. 556 s.
11. Normirovanie poter' i razubozhivaniya medno-nikelevyh rud v sistemah razrabotki Talnahskogo i Oktjabr'skogo mestorozhdenij s zakladkoj vyrabotannyh prostranstv/ A. G. Anohin, N. V. Podkujko, S. A. Vohmin, Ju. P. Trebush. Gornyj zhurnal. 2015. №6. S.98-103.
12. Matthews T. Dilution and ore loss projections: Strategies and considerations //SME Annual Conference and Expo and CMA 117th Na-tional Western Mining Conference—Mining: Navigating the Global Waters. Denver, United States. 2015. P. 529–532.
- 13., Ryl'nikova M.V., Radchenko D.N. Uslovija ustojchivogo funkcionirovanija mineral'no-syr'evogo kompleksa Rossii/ D.R. Kaplunov [i dr.]// GIAB. Vyp. 1. 2014. №10. S. 89- 96.
14. Sokolov I. V., Smirnov A. A.O kondicijah dlja podscheta za-pasov rudnyh poleznyh iskopaemyh. M. Gornyj zhurnal. 2012. №4. S.89-95.
15. Jastrebinskij M.A. Jekonomicheskoe obosnovanie rynochnogo kriterija privedennyh zatrat i rezul'tatov. Gornyj informacion-no-analiticheskij bjulleten'. 2014. №6. S.145-152.
16. Obosnovanie racional'nyh variantov perehoda s otkrytogo na podzemnyj sposob razrabotki mestorozhdenija Mal'j Kujbas/ V.N. Kalmykov, S.E. Gavrishev, K.V. Burmistrov, A.A. Gogotin, O.V. Petro-va, N.G. Tomilina// Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2013. №4. S. 45-52.
17. Petrov I.V., Savon D.Ju., Stojanova I.A. Jekolo-go-jekonomicheskie posledstvija restrukturizacii ugol'noj promyshlennosti Vostochnogo Donbassa i puti ih reshenija. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2014. №5. S 67-74.
18. Arhipov G. I Gornorudnaja promyshlennost' v jekonomike Dal'nevostochnogo regiona. Gornyj zhurnal. 2013. №2. S. 101-106.
19. Grehnev N.I. Mineral'nye othody gornyh predpriyatij - jekonomicheskie i jekologicheskie problemy nedropol'zovanija v Dal'ne-vostochnom regione. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2014 №8. S.128-133.
20. Molev M.D., Merkulova M.A. Ocenka vozdejstvija predpriyatij na okruzhajushhiju sredu s ispol'zovanijem kompleksa prirodno-jekonomicheskikh modelej. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2013. №3. S. 59-66.

УДК 622.232. 522.2

## **К ВОПРОСУ ОБ УЧЕТЕ ДИЛАТАНСИИ ПРИ ОПИСАНИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СТРУИ С ПОРОДНЫМ МАССИВОМ**

К.А. Головин, Д.Н. Ефремов, Р.А. Ковалев, А.Б. Копылов

*Рассмотрен вопрос поведения участка породного массива при обработке его высокоскоростной струей жидкости. Описано возникающее при этом явление дилатансии.*

*Ключевые слова: высокоскоростные струи, породный массив, дилатансия, разрушении горных пород, гидроструйная цементация.*

Исследования процесса взаимодействия высокоскоростных (гидроабразивных, импульсных, водоцементных и др.) струй с разрушаемым породным массивом невозможно без детального рассмотрения физических основ процесса. Теоретически поведение массива подчиняется закономерностям упругопластического деформирования твердого тела. Таким образом, в породном массиве выделяют действующие силы трения покоя и трения скольжения.

Традиционно в метаматематическом описании процесса взаимодействия высокоскоростных струй с породным массивом не учитывается явление дилатансии, описанное в своих трудах еще в 19 веке О. Рейнольдсом. Наблюдение дилатансии характерно для эмульсионных и дисперсионных сред и заключается в наличии объемных деформации при взаимодействии потока с разрушаемым массивом.

Перспективным для детального описания процесса дилатансии является подход на основе вариационного уравнения принципа виртуальных перемещений. Разделение пластических и упругих деформаций основан на итерационной процедуре типа «метод начальных напряжений»

Известно, что в зависимости от ряда действующих гидравлических, геометрических и режимных факторов, а также физико-механических свойств самого обрабатываемого породного массива процесс взаимодействия последнего со струей может происходить по схеме дилатансии (с увеличением объема) и уплотнения (с уменьшением объема). Установлено, что критерием сопротивляемости породного массива при обработке его водоцементными струями является сцепление горных пород, что по сути своей, является сопротивлением сдвигу одного слоя породы относительно другого при отсутствии осевого сжатия [1-3]. При этом при сдвиге прочность породного массива зависит от гидростатического давления, а сдвиговая деформация обычно сопровождается изменением объема. В ходе сдвиговой деформации имеет место дилатансия, заклю-

чающееся в увеличении местного объема за счет образования определённого количества микро- и макротрещин. Различие в поведении плотных и пористых пород проявляется при давлениях, превышающих некоторую величину. После определенного уровня давления эффективная прочность пористых пород начинает снижаться. Чем выше пористость, тем ниже этот порог. В пористых средах начинается интенсивное разрушение структуры массива, в результате чего поровое пространство уменьшается, вызывая уплотнение [4–9]. В этом случае в массиве могут формироваться слоистые области различающихся по степени уплотнения и пористости. Причем одно сочетание влияющих параметров может приводить к монотонному росту пористости от периферии к точке воздействия струи, другое сочетание параметров вызывает местное увеличение пористости породы на границе разрушенного материала с последующим снижением пористости к центру воздействия [10]. Различие в поведении плотных и высокопористых сред при большом давлении проявляется также в ориентации полос локализации деформации.

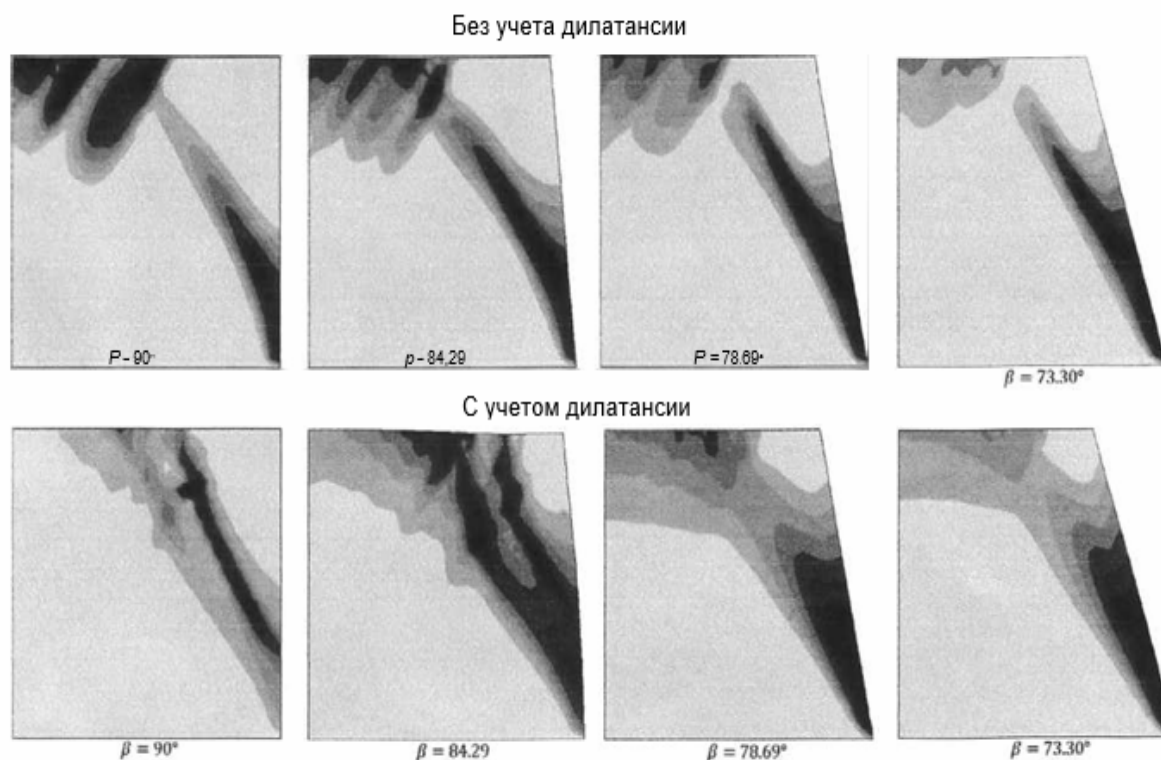
Учитывая, что условия возникновения и характер поведения среды зависит, кроме всего прочего от режимных параметров процесса то становится возможным управление дилатансией и использование явления в интересах реализуемой струйной технологии.

Породные массивы в диапазоне взаимодействия с высокоскоростными струями следует рассматривать как физически нелинейную среду. Тогда, описать процесс определения напряженно-деформированного и предельного состояний грунтового массива можно на основе принципа возможных перемещений. Алгоритм расчета основан на методе приращений начальных напряжений в рамках конечно-элементной дискретизации [11–13].

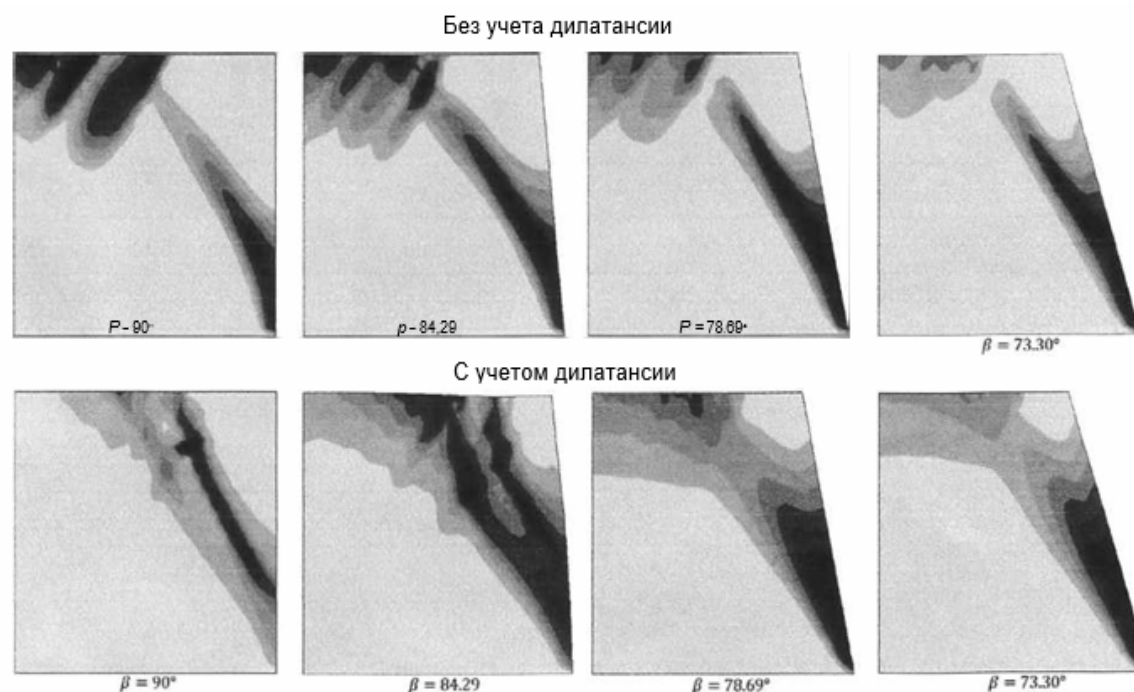
На рис. 1 приведены распределения интенсивности пластических деформаций для насыпей из гравелистого песка для различных углов откоса с учетом и без учета дилатансии в момент, предшествующий переходу в предельное состояние.

На рис. 2 приведены распределения интенсивности пластических деформаций для модельной задачи, когда насыпь моделировалась пылеватым песком, но варьировался угол внутреннего трения, предшествующий переходу в предельное состояние. При расчетах с учетом дилатансии принималось, что угол дилатансии на  $30^\circ$  меньше угла внутреннего трения.

Анализ представленных иллюстративных материалов показывает, что учет дилатансии замедляет переход породного массива в предельное состояние, при этом образуется вторая полоса скольжения.



**Рис. 1. Распределения интенсивности пластических деформаций для насыпей из гравелистого песка для различных углов откоса**



**Рис. 2. Распределения интенсивности пластических деформаций для насыпей из пылеватого песка**

Таким образом, становится целесообразным проведение дополнительных исследований, позволяющих произвести учет явления дилатансии при струйном разрушении горных пород или при реализации технологий закрепления породных массивов при реализации технологии гидроструйной цементации.

### Список литературы

1. Бреннер В.А., Головин К.А., Пушкарев А.Е. Разработка оборудования для закрепления массивов неустойчивых горных пород методом гидроструйной цементации. Монография / Тула, Изд-во ТулГУ. 2007. 206с.
2. Головин К.А., Лебедев А.М., Пушкарев А.Е., Модель формирования струи водоцементного раствора при гидроструйной цементации // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып.11. Ч.2. 2014. С. 315-323.
3. Белякова Е.В., Головин К.А., Пушкарев А.Е., Математическое моделирование процесса гидроструйной цементации пород // Горное оборудование и электромеханика. 2010. № 4. С. 27-31.
4. Cuss R.J., Rutter E.H., Holloway R.F. The application of critical state soil mechanics to the mechanical behaviour of porous sandstones // International Journal of Rock Mechanics and Mining Science. 2003. Vol. 40. No. 6. Pp. 847-862.
5. Schultz R.A., Siddharthan R. A. General framework for the occurrence and faulting of deformation bands in porous granular rocks //Tectonophysics. 2005. Vol. 411. No. 1-4. Pp. 1-18.
6. Fossen H., Schultz R. A., Shipton Z. K., Mair K. Deformation bands in sandstone: A review // Journal of Geological Society. 2007. Vol. 164. No. 4. Pp. 755-769.
7. Schubnel A., Fortin J., Burlini L., Gueguen Y. Damage and Recovery of Calcite Rocks Deformed in the Cataclastic Regime // High-Strain Zones: Structure and Physical Properties (No. 245). Ed. by D. Bruhn, L. Burlini. London: Geological Society of London, 2005. Pp. 203-222.
8. Zhu W., Wong T. The transition from brittle faulting to cataclastic flow. Permeability evolution // Journal of Geophysical Research B: Solid Earth. 1997. Vol. 102. No. 2. Pp. 3027-3041.
9. Стефанов Ю.П. Режимы дилатансии и уплотнения развития деформации в зонах локализованного сдвига // Физическая мезомеханика. 2010. Т. 13. № Спецвыпуск. С. 44-52.
10. Bied A.El, Sulema J., Martineau F. Microstructure of shear zones in Fontainebleau sandstone // International Journal of Rock Mechanics And Mining Sciences. 2002. Vol. 39. No. 7. Pp. 917-932.
11. Процесс деформирования пористой матрицы сложной физической природы с учетом двухфазной фильтрации и температурного воздей-

ствия / Д.В. Бережной, А.И. Голованов, А.В. Костерин, С.А. Малкин // Учен. зап. Казан, ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2005. Т. 147. Кн. 3. С. 49-56.

12. Расчет напряженно-деформированного и предельного состояний железобетонных конструкций, взаимодействующих с грунтовым основанием/ Д.В. Бережной, А.И. Голованов, В.Н. Паймушин, А.А. Пискунов // Проблемы прочности и пластичности. Вып. 63. Н. Новгород. 2001. С.170-179.

13. Бережной Д.В., Паймушин В.Н. О двух постановках упруго-пластических задач и теоретическое определение места образования шейки в образцах при растяжении // Прикладная математика и механика. 2011. Т. 75. Вып. 4. С. 635-659.

*Головин Константин Александрович, д-р техн. наук, проф., [kagolovin@mail.ru](mailto:kagolovin@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Ефремов Дмитрий Николаевич, асп., [kagolovin@mail.ru](mailto:kagolovin@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Ковалев Роман Анатольевич, д-р техн. наук, проф., [kovalevdekan@mail.ru](mailto:kovalevdekan@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Копылов Андрей Борисович, д-р техн. наук, проф., [toolart@mail.ru](mailto:toolart@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет*

*TO A PROBLEM OF TAKING INTO ACCOUNT DILATANCY BY DESCRIPTION  
OF INTERACTING HIGH-SPEED JET WITH ROCK MASSIF*

*K.A. Golovin, D.N. Efremkov, R.A. Kovalev, A.B. Kopilov*

*The problem of part rock massif action by processing high-speed jet of liquid was considered. The phenomena of dilatancy by the action was described.*

*Key words: high-speed jet, rock massif, dilatancy, destroying rocks, water-jet cementation.*

*Golovin Konstantin Alexandrovich, Doctor of Sciences, Professor [kagolovin@mail.ru](mailto:kagolovin@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University,*

*Efremkov Dmitryi Nikolaevich, Post Graduate Student, [kagolovin@mail.ru](mailto:kagolovin@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University*

*Kovalev Roman Anatolievich, Doctor of Sciences, Professor, [kovalevdekan@mail.ru](mailto:kovalevdekan@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University,*

*Kopilov Andrei Borisovich, Doctor of Sciences, Professor, [toolart@mail.ru](mailto:toolart@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University*

Reference

1. Brenner V.A., Golovin K.A., Pushkarev A.E. Razrabotka obo-rudovanija dlja zak-replenija massivov neustojchivyh gornyh porod me-todom gidrostrujnoj cementacii. Mono-grafija / Tula, Izd-vo TulGU. 2007. 206s.
2. Golovin K.A., Lebedev A.M., Pushkarev A.E., Model' formi-rovanija strui vodo-cementnogo rastvora pri gidrostrujnoj cementa-cii. Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki. Vyp.11 - 2. 2014. S. 315-323.
3. Beljakova E.V., Golovin K.A., Pushkarev A.E., Matematicheskoe modelirovanie processa gidrostrujnoj cementacii porod. Gornoe oborudovanie i jelektromehani-ka. 2010. № 4. S. 27-31.
4. Cuss R.J., Rutter E.N., Holloway R.F. The application of critical state soil me-chanics to the mechanical behaviour of porous sandstones // In-ternational Journal of Rock Mechanics and Mining Science. 2003. Vol. 40. No. 6. Pp. 847-862.
5. Schultz R.A., Siddharthan R. A. General framework for the oc-currence and faulting of deformation bands in porous granular rocks //Tectonophysics. 2005. Vol. 411. No. 1-4. Pp. 1-18.
6. Fossen H., Schultz R. A., Shipton Z. K., Mair K. Deformation bands in sand-stone: A review // Journal of Geological Society. 2007. Vol. 164. No. 4. Pp. 755-769.
7. Schubnel A., Fortin J., Burlini L., Gueguen Y. Damage and Re-covery of Calcite Rocks Deformed in the Cataclastic Regime // High-Strain Zones: Structure and Physical Properties (No. 245). Ed. by D. Bruhn, L. Burlini. London: Geological Society of London, 2005. Pp. 203-222.
8. Zhu W., Wong T. The transition from brittle faulting to cataclas-tic flow. Perme-ability evolution // Journal of Geophysical Reserach B: Solid Earth. 1997. Vol. 102. No. 2. Pp. 3027-3041.
9. Stefanov Ju.P. Rezhimy dilatansii i uplotnenija razvitija deformacii v zonah lo-kalizovannogo sdviga // Fizicheskaja mezomehani-ka. 2010. T. 13. № Specvypusk. S. 44-52.
10. Bied A.El, Sulema J., Martineau F. Microstructure of shear zones in Fontaine-bleau sandstone // International Journal of Rock Mechanics And Mining Sciences. 2002. Vol. 39. No. 7. Pp. 917-932.
11. Process deformirovanija poristoj matricy slozhnoj fizi-cheskoj prirody s uchetom dvuhfaznoj fil'tracii i temperaturnogo vozdejstvija / D.V. Berezhnoj, A.I. Golovanov, A.B. Kosterin, S.A. Mal-kin // Uchen. zap. Kazan, un-ta. Ser. Fiz.-matem. nauki. 2005. T. 147. Kn. 3. S. 49-56.
12. Raschet naprjazhenno-deformirovannogo i predel'nogo sosto-janij zhelezobeton-nyh konstrukcij, vzaimodejstvujushhih s gruntovym osnovaniem/ D.V. Berezhnoj, A.I. Golovanov, V.N. Pajmushin, A.A. Pis-kunov // Problemy prochnosti i plastichnosti. Vyp. 63. N. Novgorod. 2001. S.170-179.
13. Berezhnoj D.V., Pajmushin V.N. O dvuh postanovkah uprugo-plasticheskikh zad-ach i teoreticheskoe opredelenie mesta obrazovanija shejki v obrazcah pri rastjazhenii II Prik-ladnaja matematika i mehani-ka. 2011. T. 75. Vyp. 4. S. 635-659.

## РАСЧЁТ КРЕПЕЙ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ СО СЛОЕМ РАСШИРЯЮЩИХСЯ ПОРОД

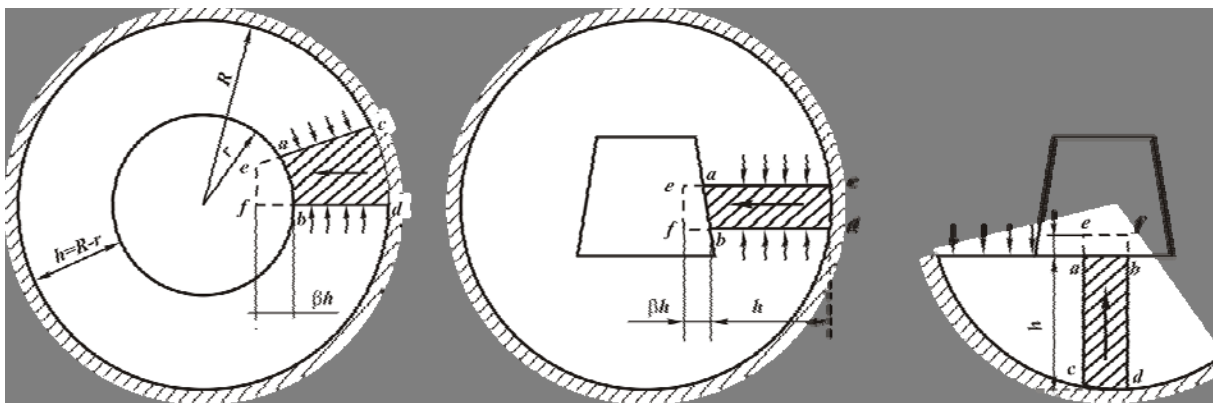
К.А. Головин, Р.А. Ковалев, А.Б. Копылов

*Получена новая расчётная модель крепи, содержащая параметры расширяющегося слоя и обеспечивающая расчет крепей взаимодействующих со слоем разуплотнения пород на основании вариантов расчётных схем проф. Шейхета М.Н. и современного состояния методов расчёта крепей.*

*Ключевые слова: податливая крепь, расширяющиеся породы, метод начальных параметров, контур выработки.*

В механике подземных сооружений особое место следует отвести задаче силового и деформационного расчёта крепей, взаимодействующих со слоем расширяющихся пород. Идея постановки и решения такой задачи при определении давления пучащих пород на крепь подземных выработок впервые использован проф. М.Н. Шейхетом [1], который рассматривал образование вокруг выработки зоны набухания и зоны неупругих деформаций. В разработанных им вариантах расчётных схем (рис. 1, а, б, в) предполагается наличие расширяющегося слоя толщиной  $h$ , имеющего коэффициент линейного расширения ( $\beta$ ). В результате каждый элементарный столбик  $abcd$  выделенный в расширяющемся слое внешним радиусом  $R$  зоны набухания и радиусом  $r$  выработки, удлинится на величину  $\beta h$ , а его грань  $ab$  смещается в положение  $ef$ . При этом относительные смещения боковых граней столбика приняты равными нулю, т.е. он как бы пассивно зажат и смещается вместе с прилегающими столбиками.

При наличии крепи смещение столбика выработку ограничено её сопротивлением так что действительное смещение будет определяться жесткостью крепи в данной точке её параметра и жесткостью самого столбика. На основании указанных предпосылок была обеспечена возможность составить методом строительной механики (методом сил) уравнения совместности перемещений крепи и пород, из которых находится нагрузка на крепь. На рис. 2 приведена характерная расчётная схема элемента крепи по проф. М.Н. Шейхету, где наряду с уже введенными обозначениями принято:  $S$  – ширина условного столбика породы;  $l$  – пролёт элемента крепи;  $Q$ ,  $H$ ,  $M$  – реакция в конечных сечениях элемента;  $P$  – заданная нагрузка на элемент крепи не связанная с пучением пород (например, от массы балластного слоя; массы крепи и т.д.);  $a_1 - a_5$  – расстояния от осевой линии до опор и, соответственно точек приложения заданной нагрузки  $P$ .



**Рис. 1. Варианты расчётных схем при пучении пород  
по проф. М.Н. Шейхету:**

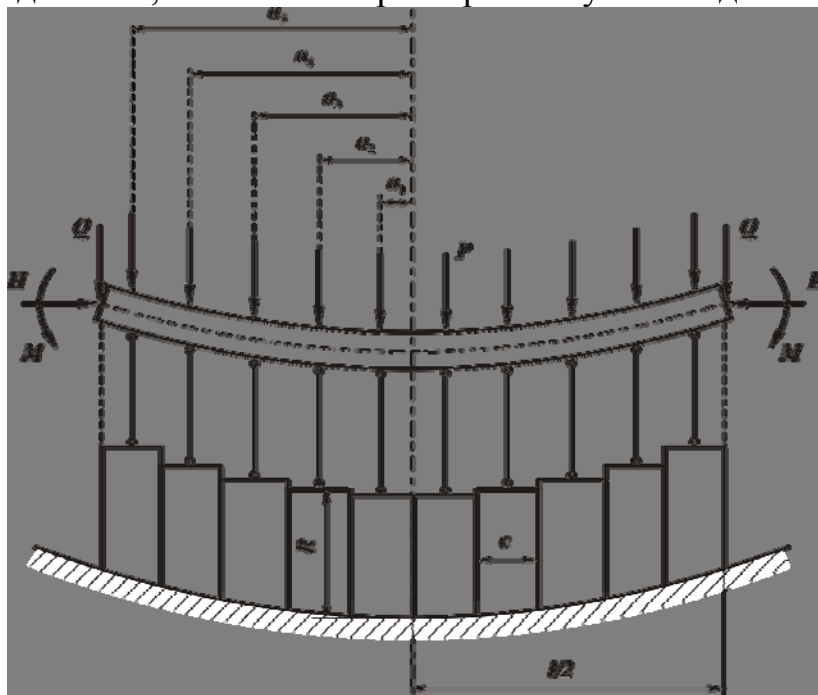
**а, б - выдавливание слабого прослойка из стенки выработки  
соответственно круглого и трапецевидного сечений;  
в - пучение почвы пласта**

Современное состояние развития методов расчёта крепей позволяет по-новому использовать гипотезу расширяющегося слоя, устранив главные её недостатки и расширив область её применения только для пучащих пород. Так, коэффициент расширения горных пород в окрестности выработок должен приниматься только на основании данных непосредственных замеров величины смещений в подземных выработках. Представительная информация о величинах коэффициента расширения пород для условий Подмосковского и Донецкого бассейнов приведена в работах Б.З. Амусина [2], Ю.И. Бурчакова, В.М. Городничева, К.З. Кошелева Г.Г. Литвинского [3], И.Д. Черняка [4, 5], М.Н. Шейхета и ряда других авторов. Что же касается наиболее полного учёта деформационных свойств крепи, рассматриваемой как единая система, то здесь наиболее эффективным является применение универсальной математической модели, базирующейся на уравнениях метода начальных параметров [6, 7].

На основании изложенных предпосылок принимаем, что размер области взаимодействия породы с крепью имеет конечную величину с переменным радиусом  $R(\alpha)$ , где  $\alpha$  – угловая координата рассматриваемой точки внешней границы «активной зоны» пород. Считаем, что за пределами этой зоны породы не будут разуплотняться, так как «активный слой» пород вокруг крепи может рассматриваться опирающимся на абсолютно жёсткое основание, роль которого выполняют породы вне активной зоны.

Величина давления смещающихся в выработку пород на отдельные элементы крепи находится из условия равенства перемещений расширяющейся породы и перемещений крепи в соответствующих точках контакта. Основными параметрами, характеризующими породы, являются величины модуля продольной деформации  $E_0$ , коэффициента поперечных деформаций

ций  $\mu_0$  и коэффициента расширения пород при разрушении и набухании  $\beta_0$ . Податливость крепи в каждой точке её параметра зависит от размеров и формы очертания выработки, материала и размеров элементов крепи, условий их соединения, а также от характеристик узлов податливости.



**Рис. 2. Расчётная схема элемента крепи**

В полученной расчётной схеме предусмотрено «снятие» и перераспределение нагрузки при совместных перемещениях пород и крепи. Таким образом, в результате введения в расчётную модель крепи параметров расширяющегося слоя она стала пригодной для расчёта крепей, взаимодействующих с зонами разуплотнения пород, окружающих горные выработки. При этом наряду с отмеченными выше преимуществами предлагаемая методика позволяет производить расчёты крепи при параметрах  $E_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\beta_0$ , переменных как в направлении от контура выработки в глубь массива так и по периметру выработки, что имеет место в реальных условиях [9, 10, 11].

### Список литературы

1. Шейхет М.Н. Давление пучащих пород на крепь подземных выработок. М.: Углетехиздат, 1955. 125 с.
2. Амосин, Б.З. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики. М: Недра, 1975. 142 с.
3. Литвинский Г.Г. Аналитическая теория прочности горных пород и массивов. Монография. ДонГТУ. Донецк: Норд-Пресс, 2008. 213 с.
4. Черняк И.Л, Бурчаков Ю.И. Управление горным давлением в

подготовительных выработках глубоких шахт. М.: Недра, 1984. 304 с.

5. Черняк И. Л. Упрочнение пород в подготовительных выработках. М.: Недра, 1993. 256 с.

6. Каретников В.Н., Клеймёнов В.Б., Бреднев В.А. Автоматизированный расчет и конструирование металлических крепей подготовительных выработок. М.: Недра, 1984. 312 с.

7. Каретников В.Н., Копылов А.Б., Котов В.Ю. Компьютерное моделирование и оценка работоспособности шахтных крепей методом начальных параметров. Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. 292 с.

8. Факторы, влияющие на безопасность повторного использования горных выработок / А.Б. Копылов, В.С. Сальников, О.В. Коновалов, Л.Э. Шейнкман // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2010. № 1. С. 170-174.

9. Копылов А.Б., Соколов Э.М., Харламов А.Е. Прогнозирование проведения и поддержания подготовительных выработок с использованием методики вероятностного-статистического прогнозирования // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. Вып. 2. 2011. С. 224-228.

10. Головин К.А., Копылов А.Б., Сушков С.Л. Расчет несущей способности трубопроводов, сооружаемых под полотном автодороги // Транспортное строительство. 2016. №7. С. 14-17.

11. Копылов А.Б.. Совершенствование экспериментально-аналитического метода оценки устойчивости горных выработок // Известия ТулГУ. Экология и безопасность жизнедеятельности. 1995. С. 163-166.

12. Касьян Н.Н., Сахно И.Г. Способ обеспечения устойчивости горных выработок в условиях неустойчивых пород // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. Вып. 1. 2011. С. 294-300.

*Головин Константин Александрович, д-р техн. наук, проф., [kagolovin@mail.ru](mailto:kagolovin@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Ковалев Роман Анатольевич, д-р техн. наук, проф., [kovalevdekan@mail.ru](mailto:kovalevdekan@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Копылов Андрей Борисович, д-р. техн. наук, проф., [toolart@mail.ru](mailto:toolart@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет*

#### *CALCULATION OF LINING WHICH INTERACTING WITH LAYER OF WIDENED ROCK*

*K.A. Golovin, R.A. Kovalev, A.B. Kopilov*

*New calculation model of lining, which containing parameters of widened layer and providing calculation of lining interacting with layer of decompaction rocks with using Professor M.N. Sheihet calculation schemes and modern methods of calculating linings was gotten.*

*Key words: yielding support, widened rock, initial parameters method, lining contour.*

*Golovin Konstantin Alexandrovich, Doctor of Sciences, Professor [ka-golovin@mail.ru](mailto:ka-golovin@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University,*

*Kovalev Roman Anatolievich, Doctor of Sciences, Professor, [kovalevdekan@mail.ru](mailto:kovalevdekan@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University,*

*Kopilov Andrei Borisovich, Doctor of Sciences, Professor, [toolart@mail.ru](mailto:toolart@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University*

#### Reference

1. Shejhet M.N. Davlenie puchashhih porod na krep' podzemnyh vyrabotok. M.: Ugletehizdat, 1955. 125 s.
2. Amusin, B.Z. Metod konechnyh jelementov pri reshenii zadach gornoj geomehaniki. M: Nedra, 1975. 142 s.
3. Litvinskij G.G. Analiticheskaja teorija prochnosti gornyh porod i massivov. Monografija. DonGTU. Doneck: Nord-Press, 2008. 213 s.
4. Chernjak I.L., Burchakov Ju.I. Upravlenie gornym davleniem v podgotovitel'nyh vyrabotkah glubokih shaht. M.: Nedra, 1984. 304 s.
5. Chernjak I. L. Uprochnenie porod v podgotovitel'nyh vyrabotkah. M.: Nedra, 1993. 256 s.
6. Karetnikov B.H., Klejmjonov V.B., Brednev V.A. Avtomati-zirovannyj raschet i konstruirovanie metallicheskih krepej podgotovitel'nyh vyrabotok. M.: Nedra, 1984. 312.s.
7. Karetnikov V.N., Kopylov A.B., Kotov V.Ju. Komp'juternoe modelirovanie i ocenka rabotosposobnosti shahtnyh krepej metodom nachal'nyh parametrov. Tula: Izd-vo TulGU, 2003. 292 s.
8. Faktory, vlijajushhie na bezopasnost' povtornogo ispol'zovanija gornyh vyrabotok/ A.B. Kopylov, V.S. Sal'nikov, O.V. Konovalov, L.Je. Shejnkman // Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2010. № 1. S. 170-174.
9. Kopylov A.B., Sokolov Je.M., Harlamov A.E. Prognozirovanie provedenija i podderzhaniya podgotovitel'nyh vyrabotok s ispol'zovaniem metodiki verojatnostnogo-statisticheskogo progno-zirovanija Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. Vyp. 2. 2011. s. 224-228.
10. Golovin K.A., Kopylov A.B., Sushkov S.L. Raschet nesushhej sposobnosti truboprovodov, sooruzhaemyh pod polotnom avtodorogi Transportnoe stroitel'stvo. 2016. №7. S. 14-17.
11. Kopylov A.B.. Sovershenstvovanie jeksperimental'no-analiticheskogo metoda ocenki ustojchivosti gornyh vyrabotok. Izvestija TulGU, sb. nauchn. trudov «Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti», 1995. S. 163-166.
12. Kas'jan N.N., Sahno I.G. Sposob obespechenija ustojchivosti gornyh vyrabotok v uslovijah neustojchivyh porod. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. Vyp. 1. 2011. S. 294-300.

УДК 061.3:378.6:658.386:622.33

## **ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С УЧЕТОМ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ РЕШЕНИЮ**

В.И. Ефимов, С.М. Попов, Л.В. Калачева

*Приводятся оценки обеспечения потребности угольной отрасли выпускниками образовательных учреждений; даются методические основы формирования направленной деятельности по обеспечению кадровых потребностей отрасли, инструменты и организационный механизм их реализации.*

*Ключевые слова: обеспеченность кадрами; прогноз потребности в кадрах; прогноз обеспеченности кадрами; инструменты обеспечения кадровых потребностей; механизм организации обеспечения кадровых потребностей.*

В современной динамике вектора развития народного хозяйства России угольная промышленность неизменно сохраняет не только свою значимость среди других отраслей ТЭК, но и характерный для нее рост эффективности использования трудовых ресурсов.

Так в период с 2000 по 2013 годы в угольной промышленности прирост производительности труда рабочего по добыче угля был почти в 3 раза выше прироста объемов добываемого угля, что является наглядным доказательством повышения эффективности угледобывающего производства.

В то же время величина снижения среднесписочного числа трудящихся в угольной промышленности за этот же период времени почти в два раза ниже величины прироста производительности труда рабочего по добыче, что свидетельствует о доминировании интенсивного характера развития угледобывающего производства.

При таком пути развития огромное значение для отрасли играет как освоение достижений научно-технического прогресса, так и соответствующие ему своевременное обеспечение роста квалификации трудовых ресурсов.

Анализ состояния обеспеченности кадрами в угольной промышленности позволяет сделать вывод о том, что современный кадровый потенциал значительного количества предприятий отрасли характеризуется дефицитом высококвалифицированных инженеров и рабочих.

Проблема дефицита высококвалифицированных кадров в угольной промышленности существует, несмотря на то, что в России ежегодно в 32 вузах и их филиалах готовятся порядка 5000 горных инженеров.

Причины такого положения дел сопряжены с целым рядом обстоятельств. Наиболее значимыми из них является отрыв вузовского образо-

вания от рынка труда, значительное отставание современной отечественной школы подготовки кадров для минерально-сырьевого комплекса от мирового уровня [1].

В результате проведенных исследований установлено, что потребность в высококвалифицированных кадрах в угольных компаниях будет снижаться, суммарно с более чем трех тысяч специалистов в 2020 году до 2750 в 2030.

Обеспечение растущей потребности предприятий и организаций угольной промышленности во все более высококвалифицированных кадрах в предстоящие десятилетия предполагается осуществить за счет подготовки профильных специалистов в рамках высшей школы (ВШ), а также в региональных и вузовских образовательных центрах путем подготовки и переподготовки кадров [1].

В соответствии с прогнозными оценками подготовки кадров высшей квалификации в период до 2020 и до 2030 гг., количество выпускников ВШ для предприятий угольной промышленности возрастет с 1,22 до 1,5 тыс. в год.

В то же время подготовка и переподготовка кадров в образовательных центрах снизится с 1,55 до 0,05 тыс. чел. в год.

Приведенные выше прогнозные оценки кадровых потребностей угольной промышленности в предстоящий период времени и источников их покрытия, отражают преимущественно эволюционный характер развития в этой сфере деятельности. В то же время в условиях динамичности социально-экономических преобразований и особенностей региональных условий необходимо совершенствовать имеющиеся и развивать новые подходы в деятельности направленной на рост эффективности кадрового обеспечения предприятий угольной промышленности.

В соответствии с теоретическими разработками организация обеспечения потребностей угольной отрасли в подготовке квалифицированных кадров [2, 3] должна быть основана на гармонизации совместной деятельности государства и угольного бизнеса в сфере оказания образовательных услуг и рационализации использования инструментов обеспечения кадровых потребностей на самих предприятиях и организациях угольной отрасли [4, 5].

Решение первой задачи предполагает необходимость повышения обоснованности участия государства на каждом этапе проводимых в стране социально-экономических преобразований в таких вопросах как: разработка образовательных стандартов и создание новых специальностей для угольной промышленности; соотношение бюджетного и частного капитала в финансировании подготовки специалистов для угольной промышленности по приоритетным направлениям развития производства; рационализация соотношения государственных и частных образовательных учреждений занятых подготовкой специалистов для угольной промышленности.

Решение второй задачи предполагает необходимость повышения эффективности формирования и организации применения на предприятиях и организациях угольной отрасли инструментов обеспечения кадровых потребностей [6, 7].

В результате системного анализа выявлено три типичных для настоящего времени способа участия предприятий и организаций угольной промышленности в обеспечении собственных кадровых потребностей [1].

Первый из них представляет собой деятельность по обеспечению кадровых потребностей путем повышения потенциала уже имеющегося кадровых ресурсов.

Второй - деятельность по привлечению на предприятия и организации угольной отрасли новых кадров.

Третий - деятельность, направленную на формирование направлений и качества подготовки специалистов в образовательных учреждениях для работы на предприятиях и организациях угольной промышленности.

Поскольку применение соответствующего инструментария обеспечения кадровых потребностей предприятий и организаций угольной отрасли является процессом длительным и зависит от изменчивости факторов внутренней и внешней среды, то для повышения эффективности его реализации необходимо использовать разработанный механизм кадрового обеспечения угольной отрасли с учетом перспектив ее инновационного развития.

### Список литературы

1. Проблемы и перспективы организации кадрового обеспечения предприятий угольной промышленности / С.М. Попов, А.В. Мясков, Е.В. Босова, В.Б. Казаков // Уголь. 2014. №10. С.88-92.
2. Ефимов В.И., Рыбак Л.В. Управление персоналом: учебное пособие. М., 2009.
3. Экономика, организация, управление природными и техногенными ресурсами/ В.Г. Гридин, А.Р. Калинин, А.А. Кобяков, А.В. Корчак, А.В. Мясков, И.В. Петров, С.М. Попов, В.Ф. Протасов, И.А. Стоянова, В.А. Умнов, В.А. Харченко. М.: Горная книга, 2012. 752 с.
4. Экономика природопользования: учебное пособие / Н.М. Боднарук, А.А. Кобяков, Л.В. Рыбак, С.М. Попов, И.А. Стоянова. М., 2010.
5. Попов С.М., Мясков А.В. Методические основы формирования направлений использования техногенного минерального сырья // Труды международного научного симпозиума «Неделя горняка - 2015». Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отд.1. 2015. С. 157-166.
6. Ефимов В.И. Управление качеством: учебное пособие. М., 2014.

7. Ефимов В.И., Попов С.М., Федяев П.М. Методические основы организации подготовки кадров с учетом перспектив инновационного развития угольной отрасли // Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве: сб. трудов международной научно-практической конференции. Прокопьевск, 2015. С. 122-124.

*Ефимов Виктор Иванович, д-р техн. наук, проф., [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Россия, Москва, ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС»,*

*Сергей Михайлович Попов, д-р экон. наук, проф., [s.popov@inbox.ru](mailto:s.popov@inbox.ru), Россия, Москва, ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС»,*

*Калачёва Лариса Викторовна, канд. экон. наук, директор, [mark.mudrik@andex.ru](mailto:mark.mudrik@andex.ru), Россия, Москва, Негосударственное образовательное частное учреждение дополнительного профессионального образования «Академия бизнеса и инновационных технологий»*

*THE MAIN TASKS OF THE COAL INDUSTRY TRAINING, TAKING INTO  
ACCOUNT THE INNOVATIVE INDUSTRY DEVELOPMENT AND PROPOSALS FOR  
THEIR SOLUTION*

*V.I. Efimov, S.M. Popov, L.V. Kalacheva*

*The needs of the coal industry graduates of educational institutions; provides methodological basis for the formation of the activities to ensure the employment and skills needs, tools and institutional mechanisms for their implementation.*

*Key words: security personnel; forecast staffing requirements; forecast security personnel; tools ensure staffing needs; mechanism for ensuring staffing needs.*

*Efimov Viktor Ivanovich, Doctor of Sciences, Full Professor, [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Russia, Moscow, National Research Technological University “MIiSIS”,*

*Popov Sergei Mihailovich, Doctor of Sciences, Full Professor, [s.popov@inbox.ru](mailto:s.popov@inbox.ru), Russia, Moscow, National Research Technological University “MIiSIS”,*

*Klacheva Larisa Viktorovna, Candidate of Economical Sciences, Director, [mark.mudrik@andex.ru](mailto:mark.mudrik@andex.ru), Russia, Moscow, Non-governmental Educational Private Institute of Additional Professional Education “Academy of Business and Innovation Technologies”*

Reference

1. Problemy i perspektivy organizacii kadrovogo obespechenija predpriyatij ugol'noj promyshlennosti / S.M. Popov, A.V. Mjaskov, E.V. Bosova, V.B. Kazakov // Zh-l Ugol'. 2014. №10. S.88-92.
2. Efimov V.I., Rybak L.V. Upravlenie personalom. Uchebnoe po-sobie. Moskva, 2009.
3. Jekonomika, organizacija, upravlenie prirodnymi i tehnogen-nymi resursami/ V.G. Gridin, A.R. Kalinin, A.A. Kobjakov, A.V. Kor-chak, A.V. Mjaskov, I.V. Petrov, S.M.

Popov, V.F. Protasov, I.A. Stojanova, V.A. Umnov, V.A. Harchenko // М. «Gornaja kniga». 2012. 752 s.

4. Jekonomika prirodopol'zovanija/ N.M. Bodnaruk, A.A. Kobja-kov, L.V. Rybak, S.M. Popov, I.A. Stojanova// Uchebnoe posobie. Moskva, 2010.

5. Popov S.M., Mjaskov A.V. Metodicheskie osnovy formirovanija napravlenij ispol'zovanija tehnogenного mineral'nogo syr'ja. V sb. «Trudy mezhdunarodного nauchного simpoziuma «Nedelja gornjaka - 2015». Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). Otd.1. 2015. S. 157-166.

6. Efimov V.I. Upravlenie kachestvom. Uchebnoe posobie. Moskva. 2014.

7. Efimov V.I., Popov S.M., Fedjaev P.M. Metodicheskie osnovy organizacii podgotovki kadrov s uchetom perspektiv innovacionного razvitija ugol'noj otrasli / V sbornike: povyshenie kachestva obrazova-nija, sovremennye innovacii v nauke i proizvodstve. Sb. trudov Mezh-dunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Prokop'evsk, 2015. S. 122-124.

УДК 622.33.012.2.001.2: 622.33.016.8:658.152.011.46

## **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЭТАПОВ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА КОНСЕРВАЦИИ ШАХТ И ОСНОВНЫХ АСПЕКТОВ, РЕГУЛИРУЕМЫХ НОРМАТИВНЫМИ АКТАМИ В ДАННОЙ ОБЛАСТИ**

В.И. Ефимов, Р.В. Сидоров, Т.В. Корчагина

*Рассмотрены актуальные вопросы проектирования консервации (ликвидации) неэффективных угледобывающих производств.*

*Ключевые слова: угледобывающее производство, ликвидация, консервация, промышленная безопасность, нормы проектирования, мониторинг.*

Ликвидация предприятия или его части - это полное и окончательное прекращение работ по добыче угля, а также проходки горных выработок с осуществлением мероприятий, исключающих доступ в горные выработки и обеспечивающих безопасность населения, охрану недр, окружающей природной среды, подземных вод, зданий и сооружений.

Ликвидация или консервация опасного объекта, которым является угледобывающее предприятие, осуществляется в соответствии с проектными решениями, с соблюдением требований промышленной безопасности, охраны недр и окружающей природной среды [1, 7].

Структура и содержание технического проекта ликвидации и консервации объекта регламентируются Приказом Минприроды РФ от 25.06.2010 № 218. «Об утверждении требований к структуре и оформлению проектной документации на разработку месторождений твердых полезных ископаемых, ликвидацию и консервацию горных выработок и первичную переработку минерального сырья», «Инструкцией о порядке ведения работ

по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами», «Отраслевой инструкцией о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче угля (сланца)» [2, 3, 4].

В результате анализа нормативных документов для разработки проектной документации по консервации (ликвидации) горных выработок («Инструкции о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами», Закона РФ «О недрах» от 21.02.1992 г. № 2395-1, Закона РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ и др.), авторами выполнена систематизация этапов и последовательности процесса ликвидации (консервации) и основных аспектов, регулируемых нормативными актами в данной области (табл. 1, 2).

Таблица 1

***Последовательность выполнения работ при ликвидации или консервации объекта, согласно «Инструкции о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами»***

| № п\п | Наименование вида работ                                                                                      | Исполнитель                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Ссылка на пункт |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | 2                                                                                                            | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4               |
| 1     | Задание на проектирование ликвидации или консервации                                                         | Составляется в соответствии с условиями лицензии на пользование недрами и утверждается организацией, принявшей решение о ликвидации или консервации объекта по согласованию с органами Госгортехнадзора России                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 22              |
| 2     | Проектирование ликвидации или консервации объекта                                                            | Осуществляется организацией, имеющей лицензию Госгортехнадзора России на проектирование горных производств                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 23              |
| 3     | Утверждение проекта ликвидации или консервации объекта                                                       | Утверждается организацией, принявшей решение о ликвидации или консервации объекта, при наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы, экспертизы промышленной безопасности и согласования с органами Госгортехнадзора России и ЦКР-ТПИ Роснедр                                                                                                                                                                                                                                       | 24              |
| 4     | Утверждение состава комиссии по технической ликвидации или консервации объекта и положения о ее деятельности | Утверждаются организацией, принявшей в установленном порядке решение о ликвидации или консервации объекта по согласованию с органами исполнительной власти субъекта Российской Федерации, Министерством природных ресурсов Российской Федерации или его территориальным органом, Госгортехнадзором России или его территориальным органом и Госкомэкологией России или его территориальным органом                                                                                                                | 21              |
| 5     | Приемка работ и составление актов приемки выполненных работ по ликвидации или консервации объекта            | Осуществляется комиссией на основании непосредственного осмотра и оценки полноты и качества выполненных работ, предусмотренных проектом ликвидации или консервации объекта, а также изучения представленных документов. В актах приемки выполненных работ по ликвидации или консервации объекта указываются произведенные работы и дается оценка качества их выполнения.<br>К актам прилагаются необходимые горнографические материалы, документы и справки, подтверждающие полноту и качество выполненных работ. | 26, 27          |

**Окончание табл. 1**

| 1  | 2                                                                                 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6  | Утверждение актов приемки выполненных работ по ликвидации или консервации объекта | Подписанные членами комиссии акты утверждаются руководителем организации, принявшей решение о ликвидации или консервации объекта                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 27 |
| 7  | Составление проекта акта о ликвидации или консервации объекта                     | Пользователь недр представляет в органы исполнительной власти субъекта Российской Федерации, территориальные органы МПР России и Госгортехнадзора России: заявление, проект акта о ликвидации или консервации объекта (4 экземпляра) с заверенными копиями перечня документов.                                                                                                                                                                                                                                              | 28 |
| 8  | Учет актов о ликвидации или консервации объектов                                  | Органами Госгортехнадзора России по одному экземпляру подписанного акта о ликвидации или консервации объекта и приложений к нему направляется в органы исполнительной власти субъекта Российской Федерации, территориальные органы МПР России и пользователю недр. Учет актов о ликвидации или консервации объектов осуществляют территориальные органы Госгортехнадзора России. Номер и дата акта о ликвидации или консервации объекта проставляются территориальным органом Госгортехнадзора России после его подписания. | 31 |
| 9  | Сдача горноотводного акта                                                         | Недропользователь в месячный срок после подписания акта о ликвидации объекта возвращает горноотводный акт в выдавший его орган Госгортехнадзора России                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 32 |
| 10 | Сдача лицензии на пользование недрами                                             | Недропользователь в месячный срок после подписания акта о ликвидации объекта возвращает лицензию на пользование недрами в выдавший ее орган МПР России                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 32 |

**Таблица 2**

**Анализ нормативных документов для разработки проектной документации по консервации (ликвидации) горных выработок**

| № п/п                                                                                                            | Наименование документа                                                                                                                                                                 | Аспекты, регулируемые нормативным актом                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                | 2                                                                                                                                                                                      | 3                                                                                                                                |
| Закон РФ «О недрах» от 21.02.1992 г. № 2395-1 с изменениями                                                      |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                  |
| 11                                                                                                               | Статья 20                                                                                                                                                                              | Основание для прекращения права пользования недрами                                                                              |
|                                                                                                                  | Статья 21                                                                                                                                                                              | Порядок досрочного прекращения права пользования недрами                                                                         |
|                                                                                                                  | Статья 23                                                                                                                                                                              | Рациональное использование и охране недр                                                                                         |
|                                                                                                                  | Статья 26                                                                                                                                                                              | Правовое регулирование при ликвидации и консервации горных выработок                                                             |
| Закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ с изменениями |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                  |
| 2                                                                                                                | Статья 6                                                                                                                                                                               | Устанавливает виды деятельности в области промышленной безопасности                                                              |
|                                                                                                                  | Статья 8                                                                                                                                                                               | Отражает требования промышленной безопасности к консервации и ликвидации опасного производственного объекта                      |
| 3                                                                                                                | Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03). Утверждены постановлением Госгортехнадзора России 05.06.03 № 50, зарегистрированы в Минюсте РФ 19.06.03 № 4737. Статьи 226-226. | В правилах изложены требования по безопасному ведению работ по ликвидации и консервации угольных шахт                            |
| 4                                                                                                                | Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт.Согласованы с Госгортехнадзором СССР 19.11.74, утверждены МУП СССР 05.01.75. Параграфы 12-15.                               | Устанавливает порядок ведения работ при ликвидации и консервации шахт                                                            |
| 5                                                                                                                | Правила охраны недр (ПБ 07-601-03) Утверждены постановлением Госгортехнадзора России 06.06.03 № 71, зарегистрированы в Минюсте РФ 18.06.03 № 4718. Статьи 153-156.                     | Устанавливают требования по рациональному комплексному использованию и охране недр при ликвидации и консервации горных выработок |

*Продолжение табл. 2*

| 1  | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | Положения о подготовке, согласовании и утверждении технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых и иной проектной документации на выполнение работ, связанных с пользованием участками недр, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами. Пункт 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Требования к структуре технических проектов на ликвидацию и консервацию горных выработок                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 7  | Постановление Правительства РФ № 118 от 03.03.2010г                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8  | Приказ МПРиЭ РФ № 218 от 25.06.2010 г. «Об утверждении требований к структуре и оформлению проектной документации на разработку месторождений твердых полезных ископаемых, ликвидацию и консервацию горных выработок и первичную переработку минерального сырья», зарегистрирован в Минюсте РФ 10.08.03 № 18104                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Утверждена постановлением Госгортехнадзора России 06.06.03 №73, введена в действие 29.06.03. Не нуждается в государственной регистрации (письмо Минюста России от 23 июня 2003 г., № 07/6397-ЮД).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|    | Пункт 432                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Устанавливает перечень необходимой горной графической документации, передаваемой на хранение при ликвидации предприятия                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | Пункт 433                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Устанавливает рекомендуемый перечень технической документации в электронном виде, передаваемый на хранение в архивы                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 10 | Отраслевая инструкция о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче угля (сланца) - (Москва, ИПКОН РАН 1997). Согласована Госгортехнадзором России 31.03.1997, утверждена зам министром ПР РФ 22.05.1997 зам министром топлива и энергетики РФ 27.05.1997.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Регламентирует порядок получения и оформления разрешения на ликвидацию или консервацию предприятий по добыче угля (сланца) или их частей; содержание проекта ликвидации и консервации; проведение мероприятий по обеспечению безопасности при выполнении работ в период ликвидации или консервации шахт, разрезов и в после ликвидационный период; учет ликвидированных и находящихся на консервации предприятий |
| 11 | Административный регламент Федерального Агентства по недропользованию по исполнению государственных функций по осуществлению выдачи, оформления и регистрации лицензий на пользование недрами, внесения изменений и дополнений в лицензии на пользование участками недр, а также переоформление лицензий, и принятия, в том числе по представлению Федеральной службы по надзору в сфере природопользования и иных уполномоченных органов, решений о досрочном прекращении, приостановлении и ограничении права пользования недрами. Утвержден Приказом Минприроды России от 29.09.2009г №315. Статьи 94, 95, 96, 106, 107. | Регламентирует последовательность действий Роснедр и территориальных органов при принятии решений о досрочном прекращении, приостановлении и ограничении права пользования участками недр при ликвидации предприятия или иного субъекта хозяйственной деятельности, которому недра были предоставлены в пользование.                                                                                             |
| 12 | Методическое руководство о порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса мероприятий по выявлению и ликвидации пустот при ликвидации шахт - (Москва, ИПКОН РАН 1999). Согласована Госгортехнадзором России 14.10.99 №04-35/906, утверждена ГУРШ 25.10.99.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Определяет единые требования к порядку выделения и ликвидации провалоопасных участков поверхности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | Руководство по составлению проектов на ликвидацию и временную изоляцию горных выработок, выходящих на дневную поверхность - (Кемерово, ВостНИИ 1968). Согласовано Госгортехнадзором СССР 1967, утверждено главным инженером комбината "Кузбассуголь" 1967.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Рассматривает порядок изоляции выработок, выходящих на дневную поверхность на шахтах Кузнецкого бассейна                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 | Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами (РД 07-291-99). Утверждена постановлением Госгортехнадзора России 02.06.99 № 33, зарегистрирована в Минюсте РФ 25.06.99 № 1816                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Устанавливает порядок ведения работ по технической ликвидации и консервации опасного производственного объекта связанного с пользованием недрами                                                                                                                                                                                                                                                                 |

**Окончание табл. 2**

| 1  | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 3                                                                                                                                                                                  |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 | Инструкция о порядке контроля за выделением газов на земную поверхность при ликвидации (консервации) шахт - (Кемерово, ВостНИИ, СФ ВНИМИ 1998). Согласована Госгортехнадзором России письмом № 04-35/703 от 29.10.1998 и утверждена приказом министра топлива и энергетики РФ № 358 от 10.11.1998 | Содержит основные требования к порядку определения угрожаемых и опасных по выделению газов на земную поверхность зон и контролю за их выделением при ликвидации (консервации) шахт |

В результате проведенного анализа выявлены многочисленные недоработки и противоречия требований, предъявляемых к действующим нормативным актам, которые, на наш взгляд связаны с рассогласованностью действий различных ведомств [5].

Несмотря на то, что законодательно определен источник финансирования работ по консервации и ликвидации горных выработок и в соответствии со статьей 26 Закона Российской Федерации "О недрах" ликвидация и консервация горных выработок и иных сооружений, связанных с использованием недрами, осуществляется за счет средств предприятий - пользователей недр. Однако, на практике, недропользователь, не получив положительного результата от ведения хозяйственной деятельности, старается минимизировать затраты на работы по консервации (ликвидации), а при несостоятельности - банкротстве предприятия – не производит их, что влечет возникновение негативных последствий [6, 7].

Резюмируя выше изложенное, решение рассмотренных проблем, по мнению авторов, можно достичь путем:

- актуализации законодательства в области проектирования консервации и ликвидации неэффективных производств [8];
- создания единого центра мониторинга для осуществления газодинамического, гидрогеологического и др. видов мониторинга;
- формирования консолидированного бюджета для финансирования работ по консервации и ликвидации горных выработок;
- подготовки специалистов по организации процедур консервации (ликвидации) неэффективных производств [9, 10].

### Список литературы

1. Оценка потенциальных экологических последствий при проектировании консервации шахты / В.И Ефимов, В.А. Гушинец, Р.В. Сидоров, Т.В. Корчагина // Уголь. 2014. №10. С.100-104.
2. Российская Федерация. Министерство природных ресурсов и экологии. Об утверждении требований к структуре и оформлению проектной документации на разработку месторождений твердых полезных ископаемых, ликвидацию и консервацию горных выработок и первичную переработку минерального сырья: приказ от 25.06.2010 №218; зарегистрирован в

Минюсте РФ 10.08.03 № 18104// Консультант Плюс: комп. справ. правовая система [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

3. Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с использованием недр: РД 07-291-99/ Утверждена постановлением Госгортехнадзора России 02.06.99 №33, зарегистрирована в Минюсте РФ 25.06.99 № 1816. М., 1999. 17 с.

4. Отраслевая инструкция о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче угля (сланца): согласована Госгортехнадзором России 31.03.1997, утверждена замминистра МПР РФ 22.05.1997; замминистра топлива и энергетики РФ 27.05.1997. М.: ИПКОН РАН, 1997. 27 с.

5. Ефимов В.И., Сидоров Р.В., Корчагина Т.В. Анализ проблем нормативного обеспечения проектирования предприятий по добыче и переработке угля // Уголь. 2014. №3. С.86-87.

6. Российская Федерация. Законы. О недрах: закон от 21.02.1992г. №2395-1 (в редакции от 29.12.2014) // Консультант Плюс: комп. справ. правовая система [Электронный ресурс].

7. 5. Ефимов В.И., Сидоров Р.В., Корчагина Т.В. К вопросу проектирования консервации (ликвидации) неэффективных угледобывающих производств // Уголь. 2015. Т. 1073. № 8. С. 102-106.

8. Ефимов В.И., Сидоров Р.В., Корчагина Т.В. Актуальные вопросы проектирования консервации (ликвидации) неэффективных угледобывающих производств // Уголь. 2015. №4. С. 72-75.

9. Ефимов В.И., Рыбак Л.В. Управление персоналом: учебное пособие. М.: МГГУ, 2009. 301 с.

10. Ефимов В.И. Управление качеством: учебное пособие. М.: МГГУ, 2014. 382 с.

*Ефимов Виктор Иванович, д-р техн. наук, проф., [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Россия, Москва, НИТУ «МИСиС»,*

*Сидоров Роман Владимирович, горн. инженер, директор, [r.sidorov@sds-ugol.ru](mailto:r.sidorov@sds-ugol.ru), Россия, Кемерово, ООО «Сибирский Институт Горного Дела»,*

*Корчагина Татьяна Викторовна, канд. техн. наук, зам. директора, [t.korcyagina@sds-ugol.ru](mailto:t.korcyagina@sds-ugol.ru), Россия, Кемерово, ООО «Сибирский Институт Горного Дела»*

*SYSTEMATIZATION OF STAGES AND PROCESS SEQUENCE CONSERVATION  
AND BASIC ASPECTS, REGULATED BY NORMATIVE ACTS IN THIS AREA*

*V.I. Efimov, R.V. Sidorov, T.V. Korchagina*

*Conservation design issues (the elimination) of inefficient coal-mining industries.*

*Key words: coal production, elimination, conservation, industrial safety, design standards, and monitoring.*

*Efimov Viktor Ivanovich, Doctor of Sciences, Full Professor, [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Russia, Moscow, National Research Technological University "MIiSIS",*

*Sidorov Roman Vladimirovich, Mining Engineer, [r.sidorov@sds-ugol.ru](mailto:r.sidorov@sds-ugol.ru), Russia, Kemerovo, OOO "Siberian Mining Institute",*

*Korchagina Tatiyna Victorovna, Candidate of Technical Sciences, Deputy Director, [t.korcyagina@sds-ugol.ru](mailto:t.korcyagina@sds-ugol.ru), Russia, Kemerovo, OOO "Siberian Mining Institute"*

#### Reference

1. Ocenka potencial'nyh jekologicheskikh posledstvij pri proek-tirovanii konservacii shahty / V.I Efimov, V.A. Gushinec, R.V. Sido-rov, T.V. Korchagina // Ugol'. 2014. №10. S.100-104.
2. Rossijskaja Federacija. Ministerstvo prirodnyh resursov i jekologii. Ob ut-verzhdenii trebovanij k strukture i oformleniju pro-ektnoj dokumentacii na razrabotku mes-torozhdenij tverdyh poleznyh iskopaemyh, likvidaciju i konservaciju gornyh vyrabotok i per-vich-nuju pererabotku mineral'nogo syr'ja: prikaz ot 25.06.2010 №218; za-registrirovan v Minjuste RF 10.08.03 № 18104// Konsul'tant Pljus: komp. cprav. pravovaja sistema [Jelek-tronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru>.
3. Instrukcija o porjadke vedenija rabot po likvidacii i konser-vacii opasnyh proiz-vodstvennyh ob#ektov, svjazannyh s pol'zovaniem nedrami:RD 07-291-99/ Utverzhdena postanovleniem Gosgortehnadzora Rossii 02.06.99 №33, zaregistrirovana v Minjuste RF 25.06.99 № 1816. M.,1999. 17 s.
4. Otraselevaja instrukcija o porjadke likvidacii i konservacii predpriyatij po dobyche uglja (slanca): soglasovana Gosgortehnadzorom Rossii 31.03.1997, utverzhdena zamministra MPR RF 22.05.1997; zam-ministra topliva i jenergetiki RF 27.05.1997. M.: IPKON RAN, 1997. 27 s.
5. Efimov V.I, Sidorov R.V., Korchagina T.V. Analiz problem normativnogo obe-spechenija proektirovanija predpriyatij po dobyche i pererabotke uglja. Ugol'. 2014. №3. S.86-87.
6. Rossijskaja Federacija. Zakony. O nedrah: zakon ot 21.02.1992g. №2395-1 (v re-dakcii ot 29.12.2014) // Konsul'tant Pljus: komp. cprav. pravovaja sistema [Jelektronnyj re-surs].
7. Efimov V.I, Sidorov R.V., Korchagina T.V. K voprosu pro-ektirovanija konser-vacii (likvidacii) nejeffektivnyh ugledobyvajushhih proizvodstv. Ugol'. 2015. T. 1073. № 8. S. 102-106.
8. Efimov V.I, Sidorov R.V., Korchagina T.V. Aktual'nye vopro-sy proektirovanija konservacii (likvidacii) nejeffektivnyh ugledo-byvajushhih proizvodstv. Ugol'. 2015. №4. S. 72-75.
9. Efimov V.I., Rybak L.V. Upravlenie personalom. Uchebnoe po-sobie. M.: MGGU, 2009. 301 s.
10. Efimov V.I. Upravlenie kachestvom. Uchebnoe posobie. M.: MGGU, 2014. 382 s.

УДК 622.271.1

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ МОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИ ВЕЕРНОЙ СИСТЕМЕ

В.Е. Кисляков, Т.А. Веретенова, П.В. Катышев

*Приведены технологические параметры разработки угольных месторождений горизонтального и пологого залеганий при использовании веерной системы разработки, а также приводится динамика изменения площади выемочных блоков от угла поворота фронта горных работ, позволяющая повысить эффективность выемки запасов полезного ископаемого.*

*Ключевые слова: веерное перемещение, фронт горных работ, ширина рабочей площадки, угольные месторождения, план развития карьерного поля.*

Эффективность экономики страны определяется состоянием ее промышленности, которая, в свою очередь, зависит от степени развития сырьевых и энергетических отраслей. В этой связи повышение конкурентоспособности топливно–энергетических ресурсов приобретает практическое значение, как на внутреннем, так и на международном рынках.

Основными источниками производимой в мире энергии являются геологические топливно-энергетические ресурсы: нефть, уголь, газ, горючие сланцы, торф, уран и т. д. На их долю приходится до 93 % производимой энергии. Оставшиеся 7 % возмещаются использованием возобновляемых источников энергии, т.е. воды, солнца, ветра, биомассы и геотерметики [1].

Угольная промышленность играет значительную роль не только в экономике России, но и в мировом производстве этого вида топлива. Достаточно сказать, что по объемам добычи угля Россия занимает 3 место после Китая и Соединенных Штатов Америки и располагает пятой частью мировых запасов угля, таким образом, является одним из признанных мировых лидеров в отрасли. В этих условиях развитие мировой энергетики, ее динамика и конъюнктура значительной мере зависит от процессов освоения человечеством геологических топливно-энергетических ресурсов, угля.

Вышеизложенное ставит перед угольной промышленностью вопросы по решению задач модернизации предприятий и развитию новых технологий добычи угля обеспечивающих снижение издержек и повышение эффективности в производстве. Основная стратегия определения оптимальных схем развития горных работ должна заключаться в установлении управляющих факторов прямо влияющих на выбор системы разработки, определяющих, прежде всего, положение фронта работ и, следовательно, эффективность отработки месторождений.

Перспективной является разработка месторождений горизонтального и пологого залеганий при использовании веерного перемещения фронта горных работ, причем к достоинствам данного способа подвигания можно отнести исключение необходимости постоянного наращивания транспортных коммуникаций, стабилизация расстояния транспортировки полезного ископаемого. А стационарный поворотный пункт транспортных коммуникаций позволяет благоприятно планировать расположение промышленных сооружений [2].

Перемещение фронта работ по вееру предполагает отработку выемочных блоков переменной ширины в форме треугольника или трапеции – клиновидно эксплуатационный блок (КЭБ), площадь которого определяется из следующей зависимости:

$$S = \frac{\pi \cdot L_{\phi}^2 \cdot \alpha_{\phi}}{360}, \text{ м}^2, \quad (1)$$

где  $L_{\phi}$  – длина фронта горных работ, м;  $\alpha_{\phi}$  – угол поворота фронта горных работ, град.

Угол поворота фронта горных работ выбирают из условия наибольшей возможной площади карьерного поля, отрабатываемой без переукладки забойных транспортных коммуникаций, зависит от типа выемочно-погрузочного оборудования, максимальной ширины экскаваторной заходки ( $B_{\max}$ ) при отработке КЭБ на участке примыкания блока с границей карьерного поля. Данный параметр существенно влияет на эффективность добычи полезного ископаемого при веерном подвигании фронта горных работ (определяет площадь и количество КЭБ, время простоя оборудования в связи с передвижкой транспортных коммуникаций к следующему блоку, и, следовательно, на производственную мощность предприятия). Угол поворота фронта горных работ определяется из следующей зависимости:

$$\alpha_{\phi} = \arccos\left(1 - \frac{B_{\max}^2}{2 \cdot L_{\phi}^2}\right), \text{ град.} \quad (2)$$

Общая площадь выемки полезного ископаемого при веерной системе разработки:

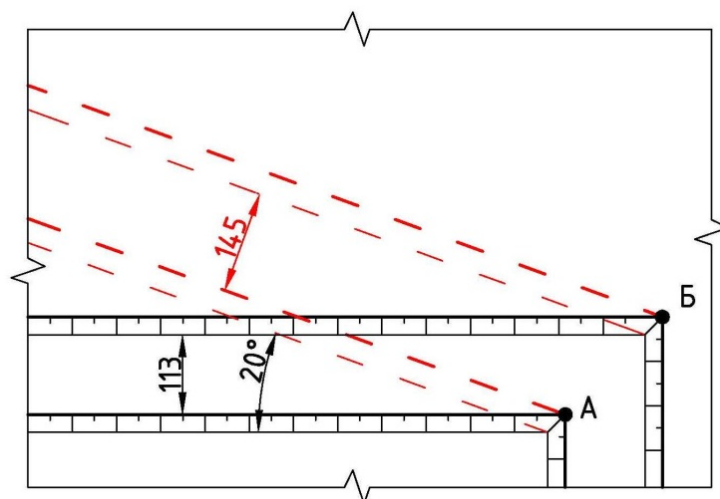
$$S_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n S_i, \text{ м}^2, \quad (3)$$

где  $S_i$  – площадь  $i$ -го выемочного блока,  $\text{м}^2$ :

При формировании единого поворотного пункта в месте перегрузки угля с забойного конвейера КЛЗ на магистральный конвейер КЛМ поворот добычных и вскрышных уступов будет связан с расширением рабочих площадок.

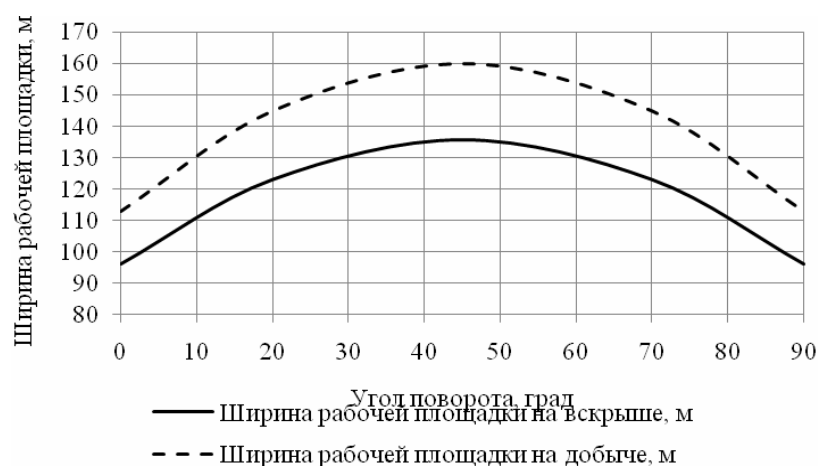
Данная особенность веерного подвигания фронта горных работ иллюстрирована на рис. 1 в виде простых геометрических построений. Уве-

личение ширины рабочей площадки происходит до угла поворота фронта горных работ  $\alpha_{\phi}=45^{\circ}$  и составляет расстояние равное диагонали между точками поворота выше и ниже лежащих уступов. В интервале угла поворота от  $45^{\circ}$  до  $90^{\circ}$  происходит снижение ширины рабочей площадки до исходного значения.



**Рис. 1. Изменение ширины условной рабочей площадки при повороте фронта работ на  $20^{\circ}$**

График изменения ширины рабочей площадки при повороте фронта от  $0$  до  $90^{\circ}$  представлен на рис. 2.



**Рис. 2. График зависимости ширины рабочих площадок на вскрышных и добычных уступах от угла поворота фронта горных работ**

Из данного графика видно, что по мере развития фронта горных работ в плане происходит изменение ширины рабочей площадки уступа, данный фактор усложняет процесс выемки полезного ископаемого, а имен-

но усложняет планирование горных работ и размещение горно-транспортного оборудования на уступе.

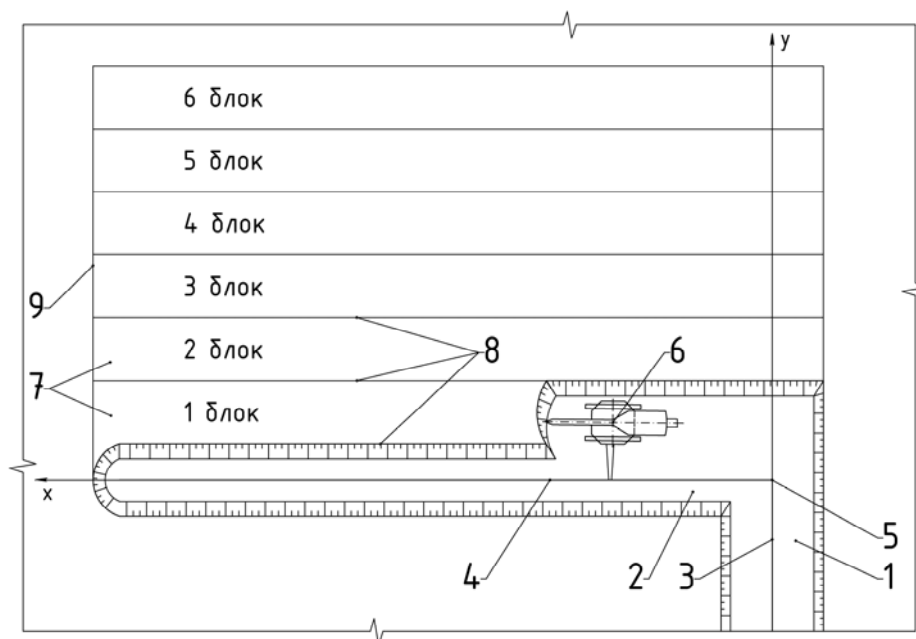
Для решения вышеприведенной проблемы при отработке пологопадающих месторождений необходимым условием является принцип параллельности оси транспортных коммуникаций к линии фронта горных работ (рис. 4). Данное технологическое решение достигается путем смещения линии фронта горных работ по касательной к окружности радиусом  $R_1$ , центром которой является поворотный пункт транспортных коммуникаций [3], м:

$$R_1 = B_{max} + l_3, \quad (4)$$

где  $l_3$  – расстояние от забойных транспортных коммуникаций до линии фронта горных работ, м.

Смещение линии фронта горных работ по мере отработки месторождения обуславливается определенной математической зависимостью, так при параллельной системе разработки (рис. 3), уравнение изменения линии фронта работ в декартовой системе, при условии если за начало координат взять перегрузочный пункт между забойными транспортными коммуникациями будет иметь вид:

$$y_i = \left( \frac{x}{L_\phi} \cdot 0 \right) + (B_{max} \cdot i). \quad (5)$$



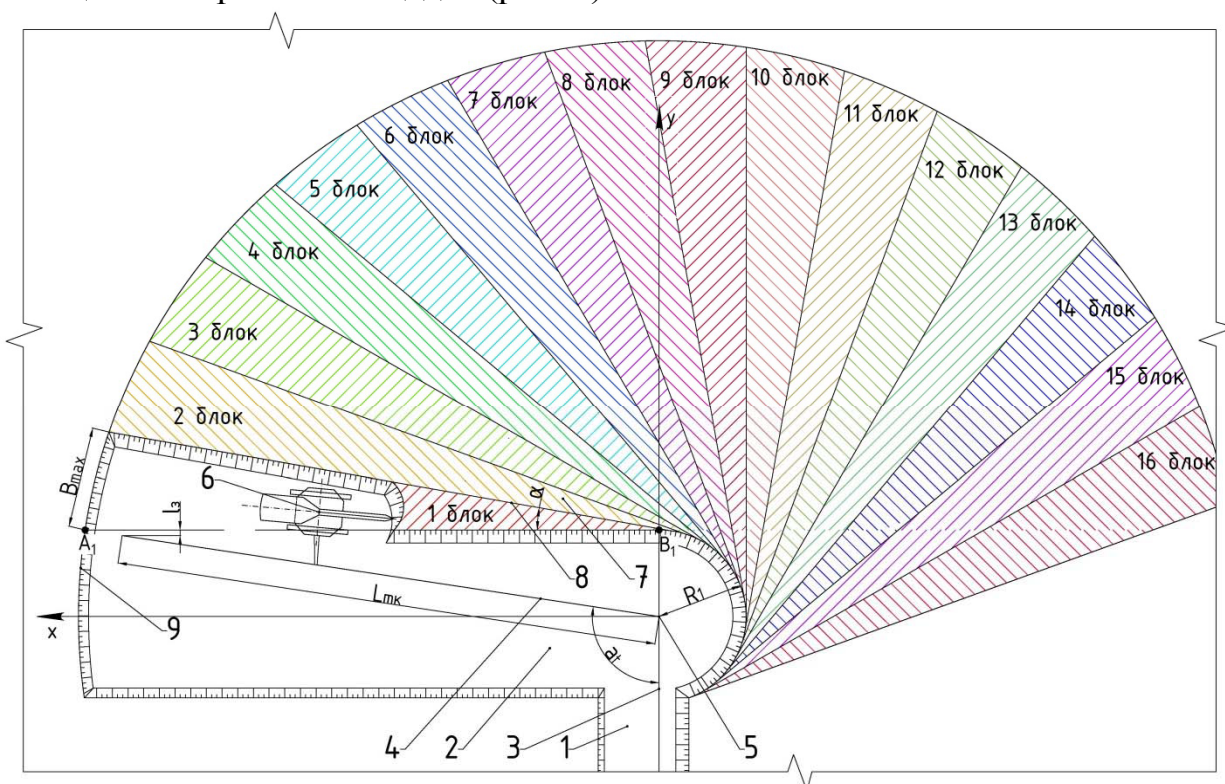
**Рис. 3. Схема ведения добычных работ при параллельном подвигании фронта: 1 – капитальная траншея; 2 – разрезная траншея; 3 – магистральные транспортные коммуникации; 4 – забойные транспортные коммуникации; 5 – перегрузочный пункт; 6 – выемочно-погрузочный комплекс; 7 – выемочные блоки; 8 – линии фронта горных работ; 9 – граница карьерного поля**

При веерной системе разработки уравнение перемещения линии фронта горных работ ( $A_i; B_i$ ) по мере отработки карьерного поля в декартовой системе координат будет выглядеть следующим образом:

$$y_{AiBi} = \pm \operatorname{tg}(a \cdot (i-1)) \cdot (x - x_{Ai}) + y_{Ai}, \quad (6)$$

если  $a_i = \pi / 2$ ,  $x = 0$ .

Положительный знак в формуле характеризует изменение линии фронта работ в технологической схеме отработки месторождения с размещением транспортных коммуникаций на нижней площадке (рис. 4), тогда как отрицательный знак обуславливает размещение транспортных коммуникаций на верхней площадке (рис. 5).



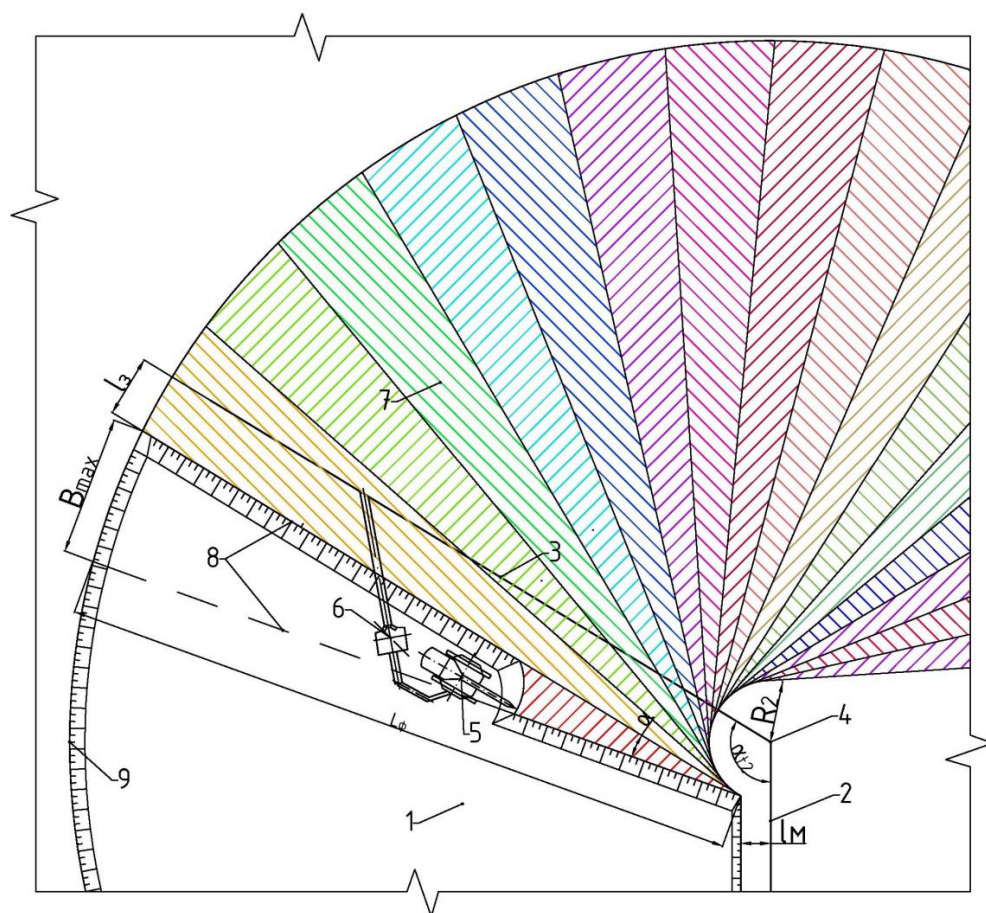
**Рис. 4. Схема ведения добычных работ при веерной системе разработки:**

**1 – капитальная траншея; 2 – разрезная траншея; 3 – ось магистральных транспортных коммуникаций; 4 – ось забойных транспортных коммуникаций; 5 – стационарный поворотный пункт; 6 – роторный комплекс; 7 – клиновидно-эксплуатационный блок; 8 – линия фронта горных работ; 9 – граница горного отвода**

При веерном подвигании фронта горных работ происходит отказ от систематического наращивания магистральных транспортных коммуникаций что позволяет снизить трудоёмкость работ, получить экономию инвестиционных ресурсов и повысить эффективность выемки запасов полезного ископаемого, оставляемых под транспортными коммуникациями при

параллельном перемещении фронта, так как отработка этих запасов производится основной технологией одновременно с подвиганием фронта добычных работ.

Веерный способ перемещения фронта при равномерном подвигании вскрышных, добычных и отвальных работ обеспечивает безопасность горных работ и сохраняет технологические связи горно-транспортного оборудования [5].



**Рис. 5. Принципиальная схема ведения добычных работ при веерной системе разработки: 1 – выработанное пространство; 2 – ось магистральных транспортных коммуникаций; 3 – ось забойных транспортных коммуникаций; 4 – стационарный поворотный пункт транспортных коммуникаций; 5 – роторный комплекс; 6 – межступенный перегружатель; 7 – КЭБ; 8 – линии фронта горных работ на каждом горизонте; 9 – граница карьерного поля**

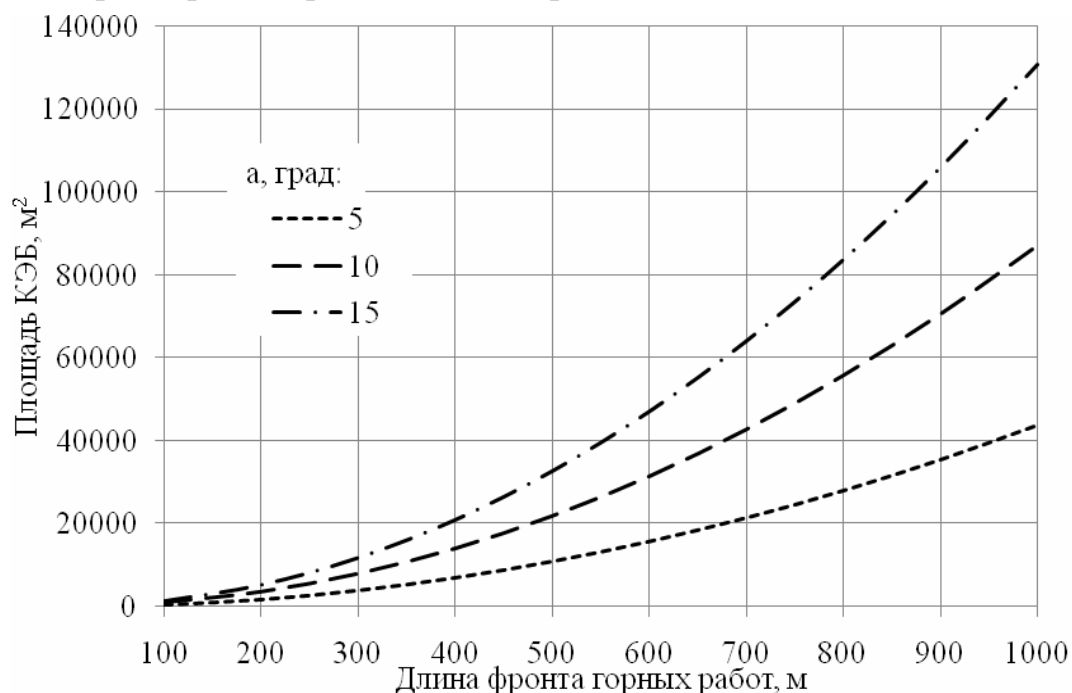
Технологическая схема подразумевает установку транспортных коммуникаций на верхней площадке и работу выемочных машин с верхней погрузкой. Необходимым является планирование разворота линии транспортных коммуникаций от угла поворота фронта горных работ  $\alpha_{12} = \alpha_{\phi}$  [4].

Расстояние от поворотного пункта до КЭБ при данной технологической схеме (рис. 5) определяется из следующей зависимости, м:

$$R_2 = \sqrt{(l_m^2 + l_3^2)}, \quad (7)$$

где  $l_m$  – расстояние от магистральных транспортных коммуникаций до линии фронта горных работ, м.

При отработке месторождения полезных ископаемых с помощью веерной системы необходимо стремиться к уменьшению показателей  $R_1$  и  $R_2$ , которые в свою очередь влияют на длину фронта горных работ и соответственно площадь КЭБ. График изменения площади КЭБ от длины фронта горных работ представлен на (рис. 6).



**Рис. 6. Изменение площади КЭБ от длины фронта горных работ**

Из графика видно, что при увеличении длины фронта горных работ возрастает площадь КЭБ, тем самым увеличивается объем извлекаемых полезных ископаемых с одной передвижки конвейерных линий.

Основной особенностью отработки горизонтальных и пологопадающих угольных месторождений при веерной системе разработки является перемещение фронта горных работ по представленной математической модели, позволяющей повысить эффективность выемки полезного ископаемого посредством: установления одинаковой ширины рабочей площадки уступа при отработке месторождения и снижения себестоимости транспортирования объемов горной массы.

### Список литературы

1. Стратегия топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 г. / А.П. Сорокин [и др.]. Владивосток: Дальнаука, 2001. 112 с.

2. Кисляков В.Е., Катышев П.В. Исследование развития фронта горных работ на пологопадающих месторождениях при веерной системе разработки. 2014. Т.2. С. 42-44.

3. Патент 2541352 РФ, МПК E21C 41/26. Способ открытой разработки месторождений полезных ископаемых / Кисляков В.Е., Катышев П.В.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». №2013154629; заявл. 09.12.2013; опубл. 10.02.2015, Бюл. №4. 6 с.

4. Катышев П.В., Кисляков В.Е. Обоснование параметров фронта горных работ при отработке пологопадающих угольных месторождений веерной системой // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Техника и технологии. 2016. Т.9. С.166-173.

5. Шорохов В.П., Кисляков В.Е. Веерное подвигание фронта бот при разработке мощных угольных пластов. LAPLAMBERTA cademic Publishing, Saarbrucken, Germany, 2012. 77 с.

*Кисляков Виктор Евгеньевич, д-р техн. наук, проф., [VKislyakov@sfu-kras.ru](mailto:VKislyakov@sfu-kras.ru), Россия, Красноярск, Сибирский Федеральный Университет, институт горного дела, геологии и геотехнологий,*

*Веретеннова Татьяна Анатольевна, доц., [VKislyakov@sfu-kras.ru](mailto:VKislyakov@sfu-kras.ru), Россия, Красноярск, Сибирский Федеральный Университет, институт горного дела, геологии и геотехнологий,*

*Катышев Павел Викторович, инженер, [BestPavel1989@mail.ru](mailto:BestPavel1989@mail.ru), Россия, Красноярск, Сибирский Федеральный Университет, институт горного дела, геологии и геотехнологий*

#### FEATURES OF TECHNOLOGY MINING POWER COAL FIELDS IN THE FAN SYSTEM

*The technological parameters of coal mining gently dipping, using a fan system development, as well as the dynamics of change is the area of the excavation units from the angle of rotation of the front of mining operations, allowing to increase the excavation efficiency of mineral reserves.*

*Key words: fan displacement mining operations front, the width of the work area, coal deposits, mining development plan.*

*Kislyakov Victor Evgenyevich, doctor of engineering science, professor, [VKislyakov@sfu-kras.ru](mailto:VKislyakov@sfu-kras.ru), Russia, Krasnoyarsk, Siberian Federal University,*

*Veretenova Tatiana Anatolievna, associate professor in the department of mathematical modeling and management processes [SFUVKislyakov@sfu-kras.ru](mailto:SFUVKislyakov@sfu-kras.ru), Russia, Krasnoyarsk, Siberian Federal University,*

*Katyshev Pavel Viktorovich, engineer, [BestPavel1989@mail.ru](mailto:BestPavel1989@mail.ru), Russia, Krasnoyarsk, Siberian Federal University*

Reference

1. Strategija toplivno-jenergeticheskogo potenciala Dal'nevo-stochnogo jekonomiceskogo rajona do 2020 g. / A.P. Sorokin [i dr.]. Vla-divostok: Dal'nauka, 2001. 112 s.
2. Kisljakov V.E., Katyshev P.V. Issledovanie razvitija fronta gornyh rabot na pologopadajushhih mestorozhdenijah pri veernoj sisteme razrabotki. 2014. T.2. S. 42-44.
3. Patent 2541352 RF, MPK E21S 41/26. Sposob otkrytoj raz-rabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh / Kisljakov V.E., Katy-shev P.V.; zajavitel' i patentoobladatel' FGAOU VPO «Sibirskij fe-deral'nyj universitet». №2013154629;zajavl. 09.12.2013; opubl. 10.02.2015, Bjul. №4. 6 s.
4. Katyshev P.V., Kisljakov V.E. Obosnovanie parametrov fronta gornyh rabot pri otrabotke pologopadajushhih ugol'nyh mestorozhdenij veernoj sistemoj. Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Serija: tehnika i tehnologii. 2016. T.9. S.166-173.
5. Shorohov V.P., Kisljakov V.E. Veerno podviganie frontara bot pri razrabotke moshhnyh ugol'nyh plastov. LAPLAMBERTA cadem-ic Publishing, Saarbrucken, Germany, 2012. 77 s.

УДК 624.191.81

## **МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЩИТОВЫХ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

Л.В. Лукиенко, К.В. Гальченко

*Подготовлена аналитическая модель, позволяющая определить геометро-кинematicкие характеристики проектируемого манипулятора, отличающаяся учётом жёсткости конструкции и характеристик его гидросистемы. Полученные результаты будут использованы для проведения исследований по повышению точности позиционирования переносимых объектов манипулирования.*

*Ключевые слова: шахтный манипулятор, щитовой тоннелепроходческий комплекс.*

Резкий рост транспортных потоков в современных городах обуславливает необходимость развития подземного транспорта. Эта важная народно-хозяйственная задача может быть решена за счёт строительства дополнительных линий метро.

Проходка магистральных подземных выработок для нужд метрополитена при помощи щитовых проходческих комплексов предполагает комплекс технологических операций, среди которых важное место занимает крепление проходимой выработки.

Анализ проведенных исследований и опыта эксплуатации щитовых проходческих комплексов показал [1, 2, 3, 4, 5], что до настоящего времени не разработано единого конструктивного решения для механизации креп-

ления горной выработки, практическое использование которого позволило бы снизить трудозатраты обслуживающего персонала.

Поэтому исследования по обоснованию и выбору рациональных геометро-кинематических параметров манипулятора для крепления шахтных выработок, проходимых щитовым проходческим комплексом, обладают актуальностью.

Эта задача может быть решена за счёт применения в составе щитовых проходческих комплексов для крепления выработок манипуляторов, обладающих расширенной зоной обслуживания, имеющих необходимую и достаточную металлоёмкость, а также повышенную точность позиционирования доставляемого груза.

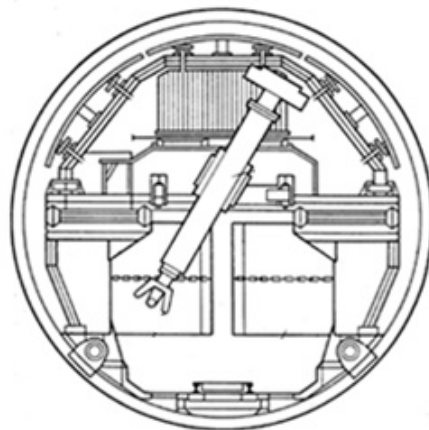
Проведённые в этом направлении исследования носят фрагментарный и, в основном, экспериментальный характер [6, 7, 8, 9] и не учитывают специфики работы в подземных стеснённых условиях. Разработанные математические модели функционирования манипуляторов для крепления горных выработок не придают значения параметрам сжимаемости жидкости, податливости их звеньев и рассеяния энергии.

Крепление выработок при щитовой проходке тоннелей осуществляется разнообразными по своей конструкции механизмами. Исходя из особенностей эксплуатации проходческих комплексов со щитом диаметром более 5 м., применяют автономные крепеукладчики, установленные на отдельной тележке, передвигающейся за щитом по лотку тоннеля или по кронштейнам, закрепленным на крепи.

Одним из основных недостатков такой конструкции манипулятора является сложность конструкции, а также значительное увеличение габаритов комплекса. Последнее обстоятельство накладывает серьёзные ограничения на величину минимально допустимого радиуса кривизны проходимой выработки.

Для обоснованного выбора кинематической схемы манипулятора для крепления горной выработки, был произведен анализ существующих манипуляторов, которые применяют в настоящее время. Распространение получили рычажные и кольцевые манипуляторы. К основным достоинствам рычажных схем манипулятора (рис. 1) можно отнести универсальность, возможность работы при разных диаметрах проходки, а так же при разных типах проходческого комплекса. Их основные недостатки: ограничение зоны обслуживания плоскостью, в котором установлен крепеукладчик, большие погрешности позиционирования.

Основные характеристики рычажного крепеукладчика: расчётный крутящий момент, кН•м – 3,76...82, частота вращения – до 3 об/мин, наибольшее усилие при подъёме блока – до 96 кН, скорость выдвижения штанги, м/мин – 0,9...3,5, ход выдвижения штанги, мм – 280...2200, ход осевой доводки, мм – 150...170.



**Рис. 1. Конструктивная схема рычажного крепеукладчика**

Анализ различных конструкций рычажных манипуляторов показал [10], что они имеют расширенную зону обслуживания, их ориентация в пространстве осуществляется за счёт системы гидродомкратов. К основным недостаткам манипуляторов такого типа можно отнести отсутствие учёта удара возникающего при контакте перемещаемого груза с бортом выработки, а также отсутствие учёта сжимаемости жидкости. Это накладывает ограничения на прочностные параметры и точность позиционирования манипулятора. Поэтому эти манипуляторы не нашли до настоящего времени применения для крепления горных выработок.

Нами предложена конструкция манипулятора, состоящая из базовой плиты, захвата, трех рычажных звеньев, взаимное расположение которых определяется гидродомкратами, распорных гидростоек, обуславливающих положение манипулятора, по отношению к почве и кровле проводимой выработки рис. 2.

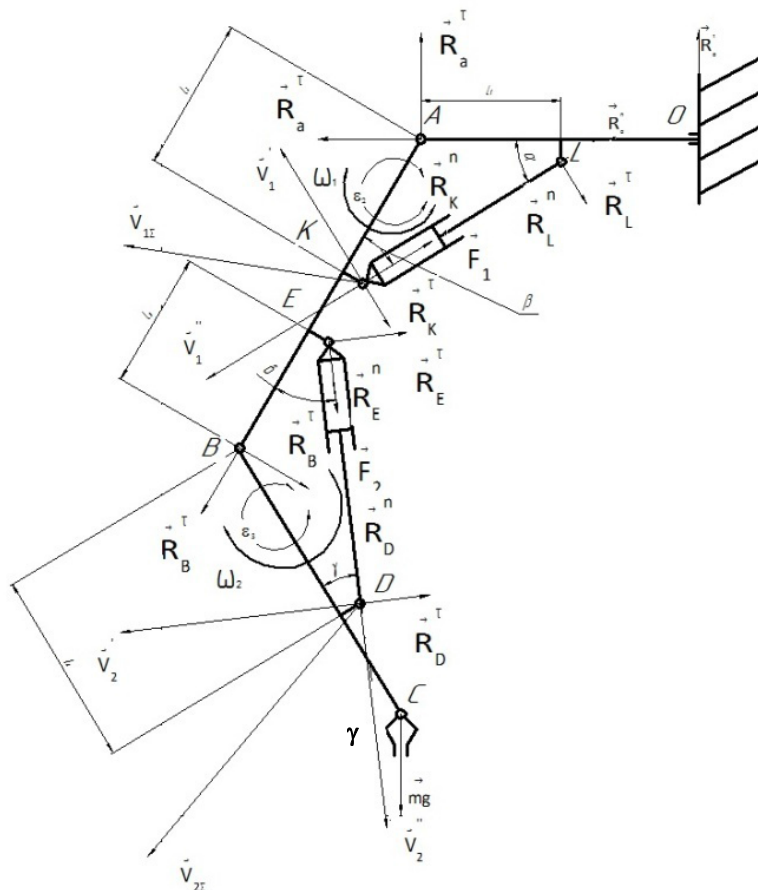
Для обоснования кинематико-силовых параметров манипулятора и их последующей оптимизации в работе предложена математическая модель [11] работы манипулятора, расчётная схема которого представлена на рис. 2. При составлении модели были использованы допущения: поток рабочей жидкости в гидросистеме имеет ламинарный режим; утечки в гидроцилиндрах отсутствуют; неравномерность подачи жидкости из-за кинематических особенностей гидропривода не учитывается; потери давления по длине трубопровода зависят от среднего значения расходов на входе и выходе; инерционная составляющая рабочей жидкости не учитывается.

Уравнение движения поршня гидроцилиндра имеет вид:

$$m \cdot \frac{d^2 z}{dt^2} = S_n \cdot P_n - S_{un} \cdot P_{un} - F - c \cdot z - \mu \cdot \frac{dz}{dt}, \quad (1)$$

где:  $m$  - приведенная масса;  $z$  - перемещение поршня;  $F$  - суммарная внешняя нагрузка на поршень;  $\mu$  - коэффициент трения поршня;  $c$  - сжимае-

мость жидкости;  $S_n \cdot P_n$  – площадь поршня гидроцилиндра и давление в поршневой полости;  $S_u \cdot P_u$  – площадь штока и давление в штоковой полости гидроцилиндра;  $t$  – время работы гидроцилиндра.



**Рис. 2. Расчётная схема механизма шахтного монтажного манипулятора**

Решение уравнения (1) может быть представлено в виде

$$z = e^{-nt} \left( C_1 \sin \sqrt{k^2 - n^2} t + C_2 \cos \sqrt{k^2 - n^2} t \right) + A(t),$$

$$A(t) = \frac{-\frac{F + S_u P_u - S_n P_n}{m} \sin \left( pt + \delta - \arctg \frac{2np}{k^2 - n^2} \right)}{\sqrt{(k^2 - n^2)^2 + 4n^2 p^2}},$$

где  $C_1, C_2$  – постоянные интегрирования, определяемые из начальных условий;  $p$  – круговая частота вынужденных колебаний гидроцилиндров;  $\delta$  – начальная фаза колебаний;  $k$  – круговая частота свободных колебаний;  $n$  – частота вынужденных колебаний.

В развёрнутом виде потери в гидросистеме манипулятора могут быть описаны системой зависимостей:

$$M_{\Delta p} = \frac{\rho \cdot g \cdot q \cdot \sum (\Delta H_{\text{л}} + \Delta H_{\text{м}})}{2 \cdot \pi},$$

где  $\rho$  – плотность рабочей жидкости;  $q$  – производительность гидромотора, работающего в насосном режиме;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\Delta H_{\text{л}}$  – линейные потери в магистральных гидросистемы;  $\Delta H_{\text{м}}$  – местные потери в магистральных гидросистемы.

Потери в гидросистеме определим с использованием формул Дарси – Вейсбаха:

$$\Delta H_{\text{л}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g},$$

$$\Delta H_{\text{м}} = \zeta_i \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g},$$

где  $\zeta_i$  – коэффициент местного сопротивления, значения которого представлены в литературе [10];  $l$  – характерный линейный размер трубопровода;  $d$  – диаметр трубопровода;  $v$  – скорость жидкости в магистральных гидросистемы;  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения.

Для рукавов высокого давления с заделками определение этой величины необходимо проводить с учётом упругого увеличения внутреннего диаметра рукава от давления [10] (при турбулентном режиме):

$$\lambda = \frac{\beta_p}{Re} \cdot e^{Z_p}.$$

$Z_p = 0,185 l g^2 Re$ . При ламинарном режиме для гибких рукавов с заделками:

$$\lambda = \frac{85}{Re},$$

где  $Re$  – число Рейнольдса, которое может быть определено по зависимости:

$$Re = \frac{v \cdot L}{\nu},$$

где  $\nu$  – средняя по сечению скорость потока;  $\nu$  – кинематический коэффициент вязкости жидкости.

Линейную скорость вращения точки К звена АВ манипулятора (рис. 2) можно определить по зависимости:

$$V_K = V_1'' \cdot \frac{l_1 \sin \alpha}{l_2}. \quad (2)$$

Линейная скорость точки В:

$$V_B = \frac{V_1'' \cdot l_1 \sin \alpha}{l_2^2}. \quad (3)$$

Скорость точки D, обусловленную перемещением поршня гидроцилиндра можно определить по выражению (1). Тогда скорость точки D во вращении вокруг В:

$$V_{DB} = V_D \cdot \frac{l_3 \cdot \sin \varphi}{l_4}. \quad (4)$$

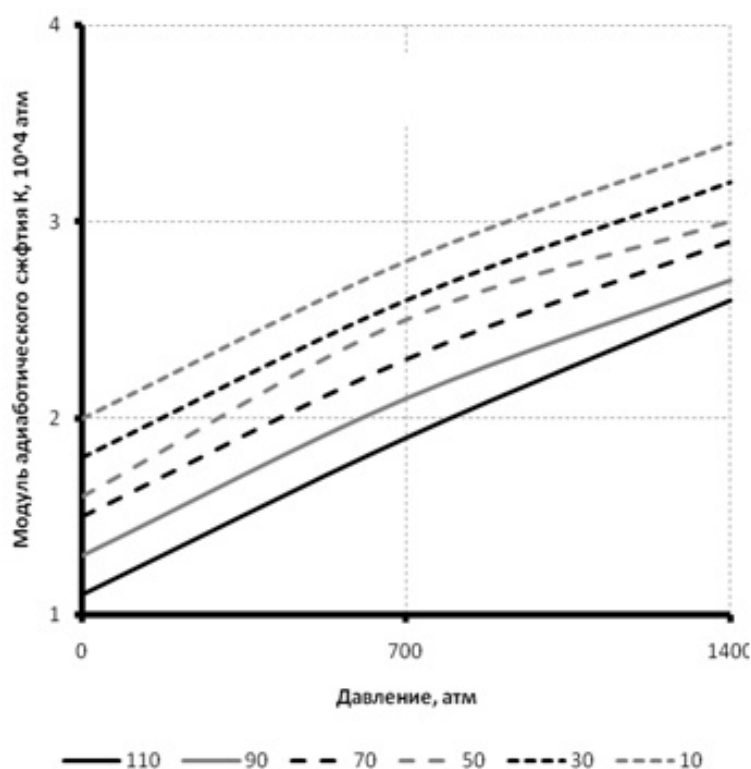
Скорость точки С во вращении вокруг В определим по зависимости:

$$V_{CB} = \frac{V_{DB} \cdot l_{CB}}{l_4}. \quad (5)$$

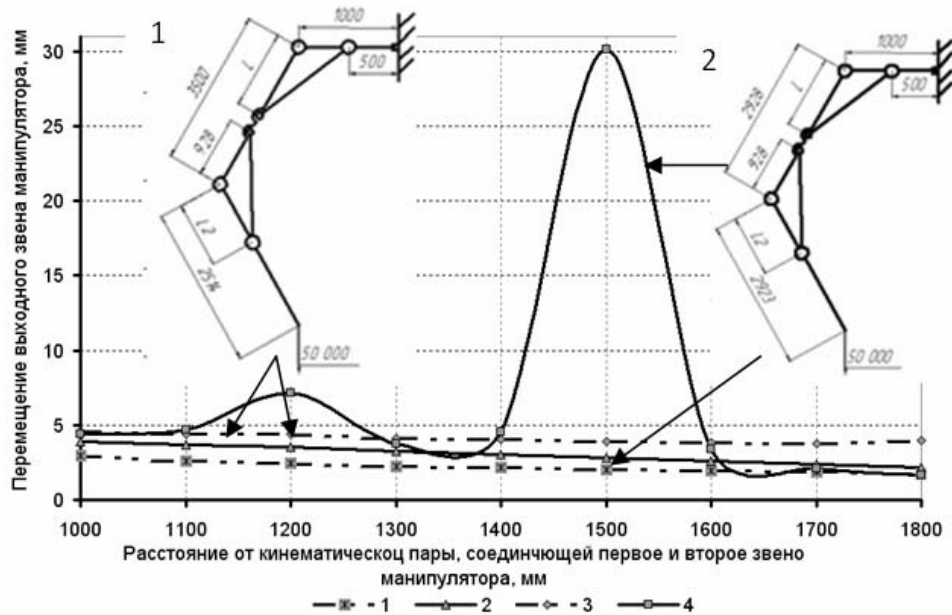
Тогда результирующая скорость точки С:

$$V_C^R = \sqrt{\left(\frac{V_{DB} \cdot l_{CB}}{l_4}\right)^2 + V_D^2 - 2 \cdot \frac{V_{DB} \cdot l_{CB}}{l_4} \cdot V_D \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + \gamma\right)}. \quad (6)$$

Сжимаемость гидравлических жидкостей на базе минеральных масел зависит от температуры и давления и может быть охарактеризована модулем адиабатического сжатия для масла HLP 46, имеющего кинематическую вязкость при  $40^0 - 46 \text{ мм}^2/\text{с}$  (применяется в гидравлических системах с насосами, в которых может возникнуть коррозия и востребована защита от износа при смешанном трении) рис. 3.



**Рис. 3. Модуль адиабатического сжатия минерального масла HLP 46**

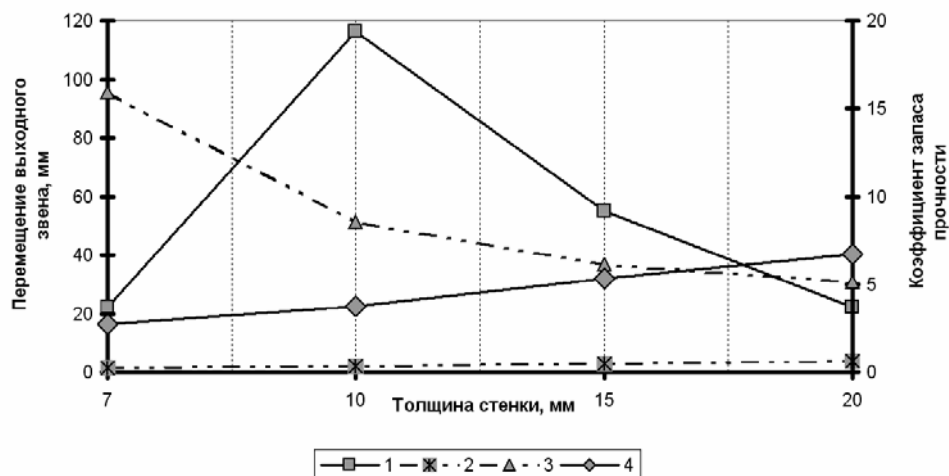


**Рис. 4. Зависимость максимального перемещения выходного звена от положения гидроцилиндров (1, 4 – зависимость перемещения выходного звена от положения первого и второго гидроцилиндра манипулятора изображенного на схеме 2; 2, 3 – зависимость перемещения выходного звена первого и второго гидроцилиндра манипулятора изображенного на схеме 1)**

При исследовании зависимости перемещения выходного звена манипулятора от положения гидроцилиндров (рис. 4) и от геометрических характеристик звеньев манипулятора были рассмотрены две конструктивные схемы трёхзвенного манипулятора с различной площадью сечения звеньев манипулятора. Анализируя зависимость коэффициента запаса прочности и перемещения выходного звена от толщины стенки звена (рис. 5) можно отметить, что увеличение длины гидроцилиндров уменьшает перемещение выходного звена.

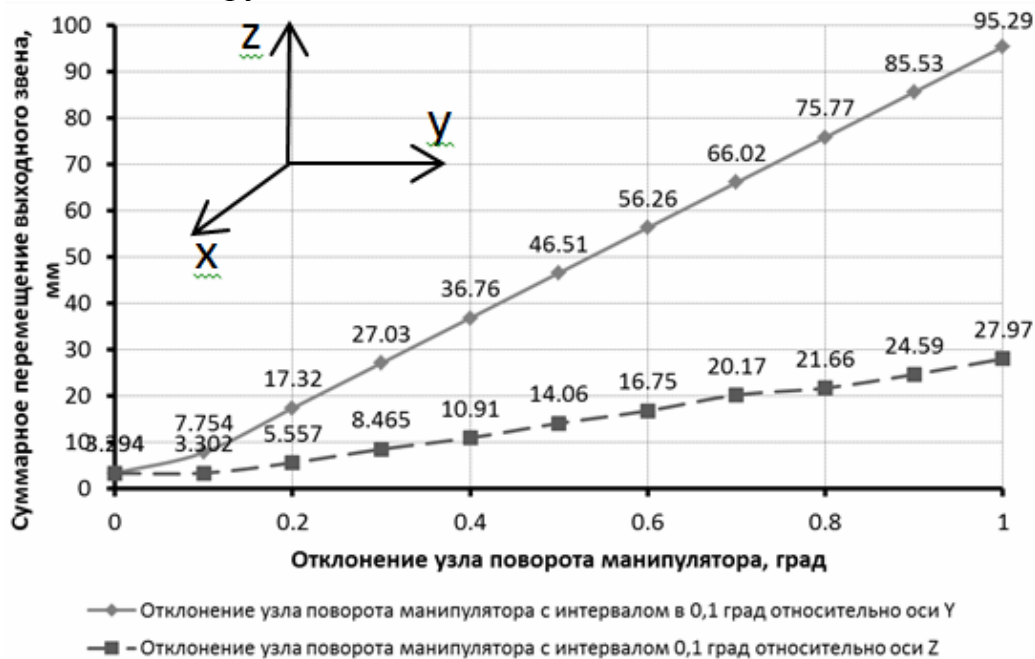
На величину коэффициента запаса прочности (рис. 5) определяющее влияние оказывает увеличение площади сечения звеньев и толщины стенки корпуса манипулятора. При этом, целесообразно стремиться к обеспечению необходимой и достаточной прочности при минимальной металлоёмкости проектируемой конструкции.

На рис. 6 представлены результаты исследования изменения суммарного перемещения выходного звена манипулятора от отклонения узла поворота вокруг оси X и Y (которое может возникать из-за изнашивания в процессе эксплуатации), из которых видно, что отклонение в данном узле снижает точность позиционирования перемещаемых объектов.



**Рис. 5. Зависимость коэффициента запаса прочности и перемещения выходного звена от толщины стенки. (1 – перемещение выходного звена и 2 – коэффициент запаса прочности (200\*200 мм – 40 мм радиус гидроцилиндра); 3 – перемещение выходного звена и 4 – коэффициент запаса прочности (200\*300 мм – 40 мм радиус гидроцилиндра))**

А, следовательно, требуется регулярный контроль состояния контактирующих элементов узла поворота манипулятора. Анализ напряженно-деформированного состояния данной конструкции манипулятора показал, что наиболее нагруженной точкой является гидроцилиндр соединяющий предплечье и руку манипулятора, жесткость конструкции в этом месте составляет 79,1 кН/мм; в точке приложения к манипулятору внешней нагрузки жесткость конструкции составляет 34 кН/мм.



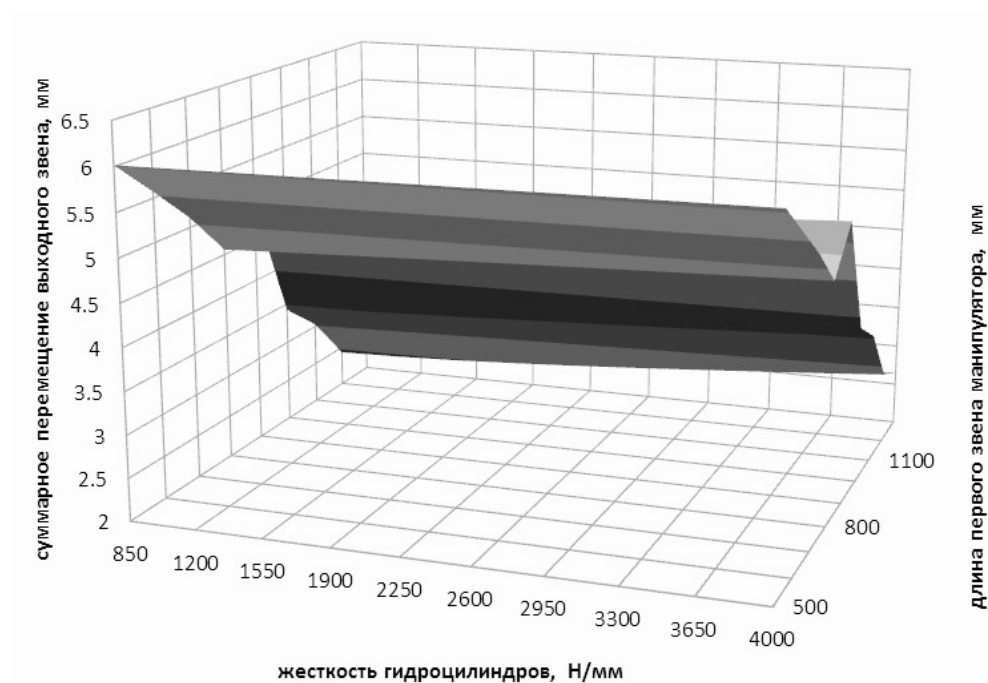
**Рис. 6. Изменение суммарного перемещения выходного звена от отклонения узла поворота вокруг оси X и Y**

Но так же стоит учитывать что, захват переносимых материалов не всегда осуществляется по центру их тяжести [8], поэтому при остановках манипулятора в промежуточных положениях происходит раскачивание груза, которое вызывает колебательные процессы и знакопеременные напряжения в металлоконструкции, что отрицательно влияет на надёжность и производительность манипулятора.

Проведенный анализ влияния различного расположения гидроцилиндров на характер распределения напряжений в коробе манипулятора привел к выводу необходимости учитывать данный параметр не только с позиции суммарного перемещения выходного звена, но и с позиции надёжности и жесткости всей конструкции.

При увеличении жесткости гидроцилиндров увеличивается суммарное перемещение выходного звена манипулятора на 2-3 % за каждые 250 Н/мм повышения жесткости (рис. 7).

Определяющее влияние на эффективную эксплуатацию манипулятора и точность позиционирования доставляемых объектов оказывает работа узла поворота [8]. Наиболее предпочтительным конструктивным вариантом его реализации является применение цевочной передачи. Это обусловлено тем, что она обладает малыми габаритами, большой надёжностью, возможностью применения в широком диапазоне передаваемых моментов.



**Рис. 7. Зависимость суммарного перемещения от жесткости гидроцилиндров манипулятора и длины первого звена**

Представленная уточненная модель позволит определить основные геометро-кинематические характеристики движения выходного звена

шахтного манипулятора с учетом процессов трения, податливости звеньев, а так же сжимаемости рабочей жидкости. Результаты использованы при разработке конструкции манипулятора для щитового тоннелепроходческого комплекса, разрабатываемого Скуратовским Опытно-экспериментальным заводом.

### Список литературы

1. Щитовые проходческие комплексы/ В.А. Бреннер [и др.]. М.: Изд-во «Горная книга», 2009. 447 с.
2. Лавренко С.А. Обоснование параметров исполнительных органов для проведения вспомогательных выработок в условиях кембрийских глин: дисс.... канд. техн. наук, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Санкт-Петербург. 2014. 181 с.
3. Власов С.Н., Торгалов В.В., Виноградов Б.Н. Строительство метрополитенов. М.: Транспорт, 1987. 278 с.
4. Валиев А.Г., Власов С.Н., Самойлов В.П. Современные щитовые машины с активным пригрузом забоя для проходки тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях. М.: ЗАО «ТА Инжиниринг», 2003.
5. Kolymbas Dimitrios. Tunneling and tunnel mechanics: a rational approach to tunneling. Springer – Verlag. 2005. 444 p.
6. Червяков Г.Г. Основы автоматизации технологических процессов // Международный журнал фундаментальных и прикладных исследований. 2012. №9. С. 96.
7. Хуако З.А. Теоретическое описание движений звеньев гидроманипулятора без учета податливости рабочей жидкости и элементов гидропривода // Научный журнал КубГАУ, №80(06). 2012. С. 1-5.
8. Сидоров А.А. Обоснование и оптимизация параметров демпфера механизма подъема стрелы лесного манипулятора сортиментовоза: автореф. дисс.... канд. техн. наук. Воронеж, 2011. 16 с.
9. Теория механизмов и машин / К.В. Фролов [и др.]. М.: Высш. школа, 1987. 496 с.
10. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. М.: Высш. школа, 1986. 264 с.
11. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 495 с.
12. Хорин В.Н. Объёмный гидропривод забойного оборудования. М.: Недра, 1980. 415 с.

Лукиенко Леонид Викторович, д-р техн. наук., проф., зав. кафедрой [lukienko\\_lv@mail.ru](mailto:lukienko_lv@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого,

Гальченко Константин Викторович, асп., [lukienko\\_lv@mail.ru](mailto:lukienko_lv@mail.ru), Россия, Тульская обл., Новомосковск, НИ (ф) РХТУ им. Д.И. Менделеева

*THE MANIPULATOR FOR MAKING ROOF SUPPORT OF EXCAVATIONS PROVIDING INCREASE IN EFFICIENCY TUNNEL BORING MACHINES*

*L.V. Lukienko, K.V. Galchenko*

*In work the analysis of the existing schemes of manipulators for fastening of an excavation at their driving is carried out by a panel board tunnel-boring complex. The analytical model allowing to define the geometro-kinematic characteristics of the designed manipulator, differing in the accounting of rigidity of a design and characteristics of its hydraulic system is prepared. The received results will be used for carrying out researches on increase of accuracy of positioning of transferable objects of a manipulation.*

*Key words: mine manipulator, a panel board tunnel-boring complex.*

*Lukienko Leonid Viktorovich, Doctor of Sciences, Professor, Head of a chair [lukienko\\_lv@mail.ru](mailto:lukienko_lv@mail.ru), Russia, Tula, Tula Pedagogical State University of L.N. Tolstoi,*

*Galchenko Konstantin Viktorovich, Post Graduate Student, [lukienko\\_lv@mail.ru](mailto:lukienko_lv@mail.ru), Russia, Tula Region, Novomoskovsk, Branch of "Russian Chemical-Technological University of D.I. Mendeleev"*

Reference

1. Shhitovye prohodcheskie komplekсы/ V.A. Brenner [i dr.]// М.: Изд-во «Горная книга», 2009. 447 с.
2. Lavrenko S.A. Obosnovanie parametrov ispolnitel'nyh organov dlja provedenija vspomogatel'nyh vyrabotok v uslovijah kembrij-skih glin. Diss.... kand. tehn. nauk, Nacional'nij mineral'no-syr'evoj universitet «Gornyj». Sankt-Peterburg. 2014. 181 s.
3. Vlasov S.N., Torgalov V.V., Vinogradov B.N. Stroitel'stvo metropolitenov. М.: Transport, 1987. 278 s.
4. Valiev A.G., Vlasov S.N., Samojlov V.P. Sovremennye shhi-tovye mashiny s aktivnym prigruzom zaboja dlja prohodki tonnelej v slozhnyh inzhenerno-geologicheskikh uslovijah. ZAO «TA Inzhiniring», Moskva. 2003.
5. Kolymbas Dimitrios. Tunneling and tunnel mechanics: a rational approach to tunneling. Springer – Verlag. 2005. 444 p.
6. Chervjakov G.G. Osnovy avtomatizacii tehnologicheskikh processov. «Mezhdunarodnyj zhurnal fundamental'nyh i prikladnyh is-sledovanij». №9. 2012. S. 96.
7. Huako Z.A. Teoreticheskoe opisanie dvizhenij zven'ev gid-romanipuljatora bez ucheta podatlivosti rabochej zhidkosti i jelementov gidroprivoda. Nauchnyj zhurnal Kub-GAU, №80(06). 2012. S. 1-5.
8. Sidorov A.A. Obosnovanie i optimizacija parametrov dempfera mehanizma pod#ema strely lesnogo manipuljatora sortimen-tovoza. Avtoreferat diss.... kand. tehn. nauk. Voronezh, 2011. 16 s.

9. Teorija mehanizmov i mashin / K.V. Frolov [i dr.]// M.: Vyssh. shkola, 1987. 496 s.
10. Burdakov S.F., D'jachenko V.A., Timofeev A.N. Proektirova-nie manipuljatorov promyshlennyh robotov i robotizirovannyh kom-pleksov. M.: Vyssh. shkola, 1986. 264 s.
11. Zarubin V.S. Matematicheskoe modelirovanie v tehnikе. M.: Izd-vo MGTU im. N.Je. Baumanа, 2010. 495 s.
12. Horin V.N. Ob#jomnyj gidroprivod zaboynogo oborudova-nija. M.: Nedra, 1980. 415 s.

УДК 622.258

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЕЗЪЯРУСНОЙ АРМИРОВКИ С ПЕРЕМЕННЫМ ШАГОМ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТКЛОНЕНИЙ КОНТУРА СТВОЛА

М.С. Плешко, Ю.В. Вчерашняя, А.А. Насонов, А.Б. Копылов

*Для вентиляционных стволов с набрызгбетонной крепью предложена безъярусная армировка на облегченных анкерных опорах. Эффективная работа предложенной конструкции достигается при установке анкерных узлов крепления по глубине ствола с переменным шагом. В результате серии расчетов определены ряды оптимальных вариантов изменения переменного шага армировки, при которых обеспечиваются минимальные величины динамических нагрузок на армировку от подъемного сосуда. Применение армировки с переменным шагом позволяет исключить расположение анкерных узлов крепления в зонах критических отклонений крепи. Проведенное технико-экономическое сравнение также показывает, что переход на безъярусную армировку по сравнению с типовой позволяет снизить металлоемкость армировки на 32 %, трудоемкость работ на 18 %, аэродинамическое сопротивление ствола в 2 - 3 раза.*

*Ключевые слова: вертикальный ствол, армировка, набрызгбетонная крепь, узел крепления, анкер*

В соответствии с рекомендациями действующих нормативных документов в вертикальных стволах, сооружаемых в устойчивых породах, следует широко применять ресурсосберегающие набрызгбетонные крепи. В то же время анализ опыта проходки столов шахт и рудников в России за последние 20 лет показывает, что устойчивые участки протяженной части стволов глубиной более 500 - 700 м повсеместно закреплены монолитной бетонной крепью в сочетании с жесткой армировкой. Основными причинами такого положения является неэффективность использования в вертикальных стволах большой глубины гибкой армировки с канатными проводниками и отсутствие технических и технологических решений жесткой

армировки, адаптированных для применения в стволах, закрепленных набрызгбетонной крепью [1-2].

Наиболее перспективной областью применения облегченных видов набрызгбетонной крепи и жесткой армировки являются вентиляционные стволы диаметром 4,5...6,0 м, пройденные в благоприятных горно-геологических условиях и оснащенные клетевым или вспомогательным подъемом небольшой интенсивности. Особенную важность при проектировании армировки глубоких вентиляционных стволах приобретает задача снижения аэродинамического сопротивления движению воздушной струи. Возможные пути ее решения предусматривают разгромождение центральной части ствола, применение более обтекаемых профилей расстрелов и проводников [3-4].

Технико-экономические показатели монтажа, эксплуатации и ремонта вертикальных стволов во многом определяются надежностью узлов крепления армировки. Преимущества по основным параметрам имеют анкерные узлы крепления [5], однако задача радиального регулирования положения элементов армировки в горизонтальной плоскости при применении набрызгбетонной крепи остается нерешенной.

На основании выполненного анализа для повышения эффективности армирования вентиляционных стволов предложена безъярусная конструкция армировки (рис. 1), в которой каждая ветвь проводника 1 имеет обособленные анкерные узлы крепления 2 с изменяемыми геометрическими параметрами в зависимости от фактического профиля набрызгбетонной крепи 3 [6-8].

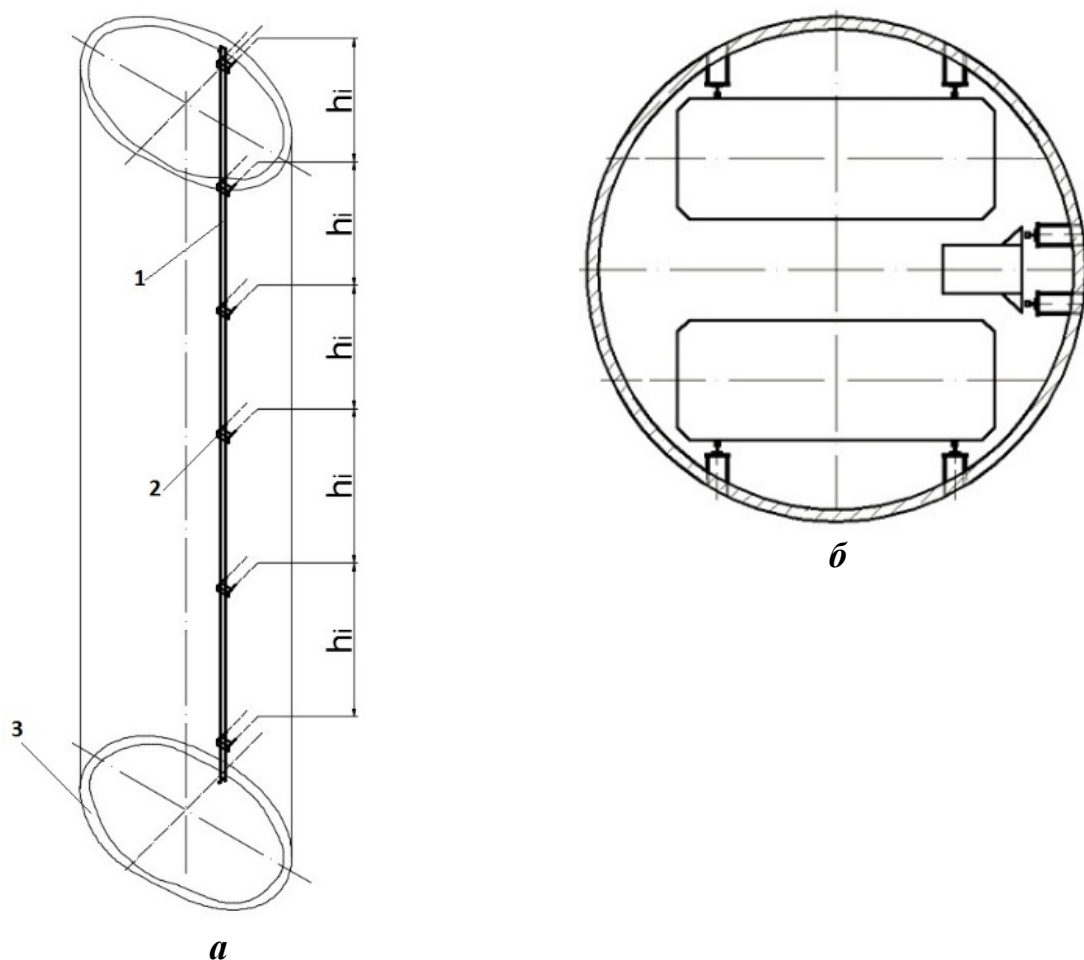
Эффективная работа предложенной конструкции достигается при установке анкерных узлов крепления по глубине ствола с переменным шагом  $h_i$  [9], который определяется на основании анализа колебательного процесса в системе «подъемный сосуд – безъярусная армировка» с учетом технологических отклонений стенок ствола от проектного положения.

В результате серии расчетов для стандартных типов клетей и скорости их движения 8 м/с определены ряды оптимальных вариантов изменения переменного шага армировки  $h_i$ , при которых обеспечиваются минимальные величины динамических нагрузок на армировку от подъемного сосуда [10]. Они представлены в виде графиков на рис. 2. Количество анкерных опор на расчетном участке изменялось от 18 до 25 шт. Средний шаг армировки  $h_{ср}$  составлял 4,0 - 6,0 м, диапазоны изменения переменного шага – (0,5 - 1,5) $h_{ср}$ .

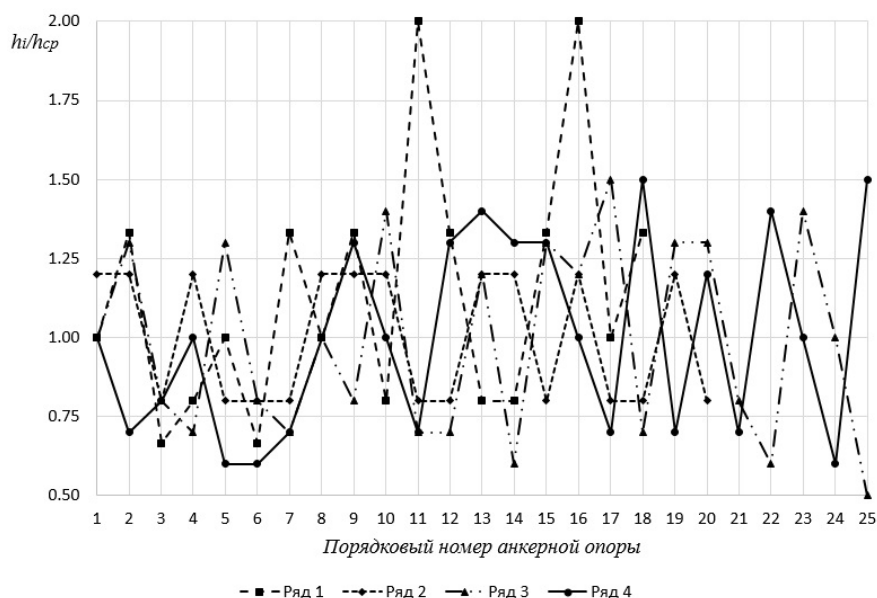
Возможность применения предложенных последовательностей изменения шага армировки рассмотрена на примере вентиляционного ствола ш. Челюскинцев.

Статистический анализ отклонений стенок ствола показал, что вентиляционный ствол диаметром в свету 5,0 м на глубине 696 м имеет критическое отклонение контура поперечного сечения в точке возможного

расположения узла крепления безъярусной армировки, составляющее 0,6 м. При постоянном шаге армировки узел крепления анкерной опоры находится в непосредственной близости от критического отклонения на глубине  $H_{оп}=695$  м. На основании анализа колебательного процесса движения подъемного сосуда на расчетном участке определены два варианта оптимальной последовательности изменения шага установки анкерных опор  $h_1, h_2, h_i$  и  $h_1^*, h_2^*, h_i^*$  (таблица). При установке опор по первой последовательности один из узлов крепления также располагается на глубине 695 м. В то же время при применении второй последовательности обеспечивается удаление анкерных опор от участка критического отклонения на расстояние 3,0 м в обе стороны.



**Рис. 1. Конструкция безъярусной армировки:**  
***а - общая схема; б - пример схемы безъярусной армировки***  
***вентиляционного ствола***



**Рис. 2. Примеры оптимальных последовательностей изменения переменного шага армировки на расчетном участке, включающем до 25 анкерных опор**

**Пример определения параметров безъярусной армировки**

| Профиль контура ствола | № опоры | $h_i/h_{cp}$ | $h_i^*$ | $H_{оп, м}$  | $h_i^*/h_{cp}$ | $h_i^*$ | $H_{оп, м}$  |
|------------------------|---------|--------------|---------|--------------|----------------|---------|--------------|
|                        | 1       | 1            | 5       | 605          | 1              | 5       | 605          |
|                        | 2       | 1,3          | 6,5     | 611,5        | 0,7            | 3,5     | 608,5        |
|                        | 3       | 0,8          | 4       | 615,5        | 0,8            | 4       | 612,5        |
|                        | 4       | 0,7          | 3,5     | 619          | 1              | 5       | 617,5        |
|                        | 5       | 1,3          | 6,5     | 625,5        | 0,6            | 3       | 620,5        |
|                        | 6       | 0,8          | 4       | 629,5        | 0,6            | 3       | 623,5        |
|                        | 7       | 0,7          | 3,5     | 633          | 0,7            | 3,5     | 627          |
|                        | 8       | 1            | 5       | 638          | 1              | 5       | 632          |
|                        | 9       | 0,8          | 4       | 642          | 1,3            | 6,5     | 638,5        |
|                        | 10      | 1,4          | 7       | 649          | 1              | 5       | 643,5        |
|                        | 11      | 0,7          | 3,5     | 652,5        | 0,7            | 3,5     | 647          |
|                        | 12      | 0,7          | 3,5     | 656          | 1,3            | 6,5     | 653,5        |
|                        | 13      | 1,2          | 6       | 662          | 1,4            | 7       | 660,5        |
|                        | 14      | 0,6          | 3       | 665          | 1,3            | 6,5     | 667          |
|                        | 15      | 1,3          | 6,5     | 671,5        | 1,3            | 6,5     | 673,5        |
|                        | 16      | 1,2          | 6       | 677,5        | 1              | 5       | 678,5        |
|                        | 17      | 1,5          | 7,5     | 685          | 0,7            | 3,5     | <b>682</b>   |
|                        | 18      | 0,7          | 3,5     | <b>688,5</b> | 1,5            | 7,5     | <b>689,5</b> |
|                        | 19      | 1,3          | 6,5     | <b>695</b>   | 0,7            | 3,5     | 693          |
|                        | 20      | 1,3          | 6,5     | 701,5        | 1,2            | 6       | 699          |
|                        | 21      | 0,8          | 4       | 705,5        | 0,7            | 3,5     | 702,5        |
|                        | 22      | 0,6          | 3       | 708,5        | 1,4            | 7       | 709,5        |
|                        | 23      | 1,4          | 7       | 715,5        | 1              | 5       | 714,5        |
|                        | 24      | 1            | 5       | 720,5        | 0,6            | 3       | 717,5        |
|                        | 25      | 0,5          | 2,5     | 723          | 1,5            | 7,5     | 725          |

Таким образом, обеспечивается оптимальный режим взаимодействия системы «подъемный сосуд – безъярусная армировка» и исключение расположения анкерных опор в зоне критических отклонений контура кре-

пи ствола. Проведенное технико-экономическое сравнение также показывает, что переход на безъярусную армировку по сравнению с типовой многорасстрельной позволяет снизить металлоемкость армировки на 32 %, трудоемкость работ на 18 %, аэродинамическое сопротивление ствола в 2 - 3 раза.

### Список литературы

1. Прокопов А.Ю., Плешко М.С. Совершенствование безрасстрельной армировки вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2002. № 10. С. 240–243.
2. Страданченко С.Г., Прокопов А.Ю., Плешко М.С. Инновационные подходы к проектированию крепи и армировки глубоких шахтных стволов // Наука та прогрес транспорту. 2008. № 21. С. 187–192.
3. Плешко М.С., Прокопов А.Ю., Басакевич С.В. Исследование работы участка крепления безрасстрельной армировки вертикального ствола при комплексном действии нагрузок // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2007. № 4. С. 84–86.
4. Прокопов А.Ю., Страданченко С.Г., Плешко М.С. Новые решения в проектировании жесткой армировки вертикальных стволов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2005. Т. 216. С. 216.
5. Ягодкин Ф.И., Вестфаль Г.О., Крамаренко А.П. Исследование работоспособности крепления элементов армировки анкерами // Горный журнал. 1990. №12. С. 24–25.
6. Безрасстрельная армировка вертикального шахтного ствола: пат. 2232274 Российская Федерация: МПК7 E21 D7/02. / А.Ю. Прокопов, М.С. Плешко – заявл. 15.12.2002; опубл. 10.07.2004, Бюл. №19.
7. Вчерашняя Ю.В. Оценка несущей способности узлов крепления безъярусной армировки глубоких вентиляционных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. №1. С. 379–388.
8. Вчерашняя Ю.В. Анализ напряженно-деформированного состояния безъярусной армировки вентиляционных стволов при различных параметрах узлов крепления // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2015. № 4. С. 15 - 19.
9. Баклашов И.В. Расчет армировки вертикальных стволов шахт по предельным состояниям. М.: Недра, 1968. 135 с.
10. Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт. ВНИИГМ им. М.М. Федорова. Донецк, 1985. 160 с.

Плешко Михаил Степанович, д-р техн. наук, проф., [mikhail-stepan@mail.ru](mailto:mikhail-stepan@mail.ru), Россия, Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей сообщения,

Вчерашняя Юлия Валерьевна, асп., [vcherashnyay@mail.ru](mailto:vcherashnyay@mail.ru), Россия, Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей сообщения,

Насонов Андрей Андреевич, канд. техн. наук, доц., [hacohob-aa@yandex.ru](mailto:hacohob-aa@yandex.ru), Россия, Шахты, Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского Государственного Политехнического Университета (НПИ) им. М.И. Платова,

Копылов Андрей Борисович, д-р техн. наук, проф., [toolart@mail.ru](mailto:toolart@mail.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет

*DETERMINATION OF PARAMETERS MINE SHAFT EQUIPMENT WITH NO TIERS  
VARIABLE PITCH TAKING INTO ACCOUNT TECHNOLOGICAL DEVIATION LOOP  
SHAFT*

*M.S. Pleshko, J.V. Vcherashnyaya, A.A. Nasonov, A.B. Kopylov*

*For ventilation shafts with a shotcrete lining proposed mine shaft equipment without tiers on lightweight anchor supports. Efficient operation of the proposed design is achieved when setting the anchor attachment points on the trunk depth of variable pitch. As a result, a series of calculations, the ranks of the best options for changing the variable pitch mine shaft equipment, which provides a minimum value of dynamic loads on the mine shaft equipment of the mine cages. Application of mine shaft equipment with variable pitch allows to exclude the location of the anchor attachment points in the areas of critical deviations lining. A feasibility comparison also shows that the transition to the mine shaft equipment of without tiers compared with the standard of metal mine shaft equipment to reduce by 32 % the volume of work by 18 %, the aerodynamic resistance in the trunk 2 - 3 times.*

*Key words: vertical shaft, mine shaft equipment, shotcrete lining, knot of fastening, anchor*

*Pleshko Michail Stepanovich, Doctor of Technical Science, Professor, [mikhail-stepan@mail.ru](mailto:mikhail-stepan@mail.ru), Russia, Rostov-on-Don, Rostov State Transport University,*

*Vcherashnyaya Julia Valeryevna, postgraduate student, [vcherashnyay@mail.ru](mailto:vcherashnyay@mail.ru), Russia, Rostov-on-Don, Rostov State Transport University,*

*Nasonov Andrey Andreevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, [hacohob-aa@yandex.ru](mailto:hacohob-aa@yandex.ru), Russia, Shakhty, Shakhty Institute (branch) of South-Russian State Polytechnic University (NPI). M.I. Platov,*

*Kopylov Andrey Borisovich, Doctor of Technical Science, Professor, [toolart@mail.ru](mailto:toolart@mail.ru), Russia, Tula, Tula State University*

Reference

1. Prokopov A.Ju., Pleshko M.S. Sovershenstvovanie bezras-strel'noj armirovki vertikal'nyh stvolov // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2002. № 10. S. 240–243.

2. Stradanchenko S.G., Prokopov A.Ju., Pleshko M.S. Innovaci-onnye podhody k proektirovaniyu krepі i armirovki glubokih shaht-nyh stvolov // Nauka ta progres transportu. 2008. № 21. S. 187–192.
3. Pleshko M.S., Prokopov A.Ju., Basakevich S.V. Issledovanie raboty uchastka krep-lenija bezrasstrel'noj armirovki vertikal'nogo stvola pri kompleksnom dejstvii nagruzok // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki. 2007. № 4. S. 84–86.
4. Prokopov A.Ju., Stradanchenko S.G., Pleshko M.S. Novye re-shenija v proektiro-vanii zhestkoj armirovki vertikal'nyh stvolov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki. 2005. T. 216. S. 216.
5. Jagodkin F.I., Vestfal' G.O., Kramarenko A.P. Issledovanie rabotosposobnosti krep-lenija jelementov armirovki ankerami // Gornyj zhurnal. 1990. №12. S. 24–25.
6. Bezrasstrel'naja armirovka vertikal'nogo shahtnogo stvola: pat. 2232274 Rossijskaja Federacija: MPK7 E21 D7/02. / A.Ju. Proko-pov, M.S. Pleshko – zajavl. 15.12.2002; opubl. 10.07.2004, Bjul. №19.
7. Vcherashnjaja Ju.V. Ocenka nesushhej sposobnosti uzlov krep-le-nija bez#jarusnoj armirovki glubokih ventiljacionnyh stvolov // Gor-nyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2016. №1. S. 379–388.
8. Vcherashnjaja Ju.V. Analiz naprjazhenno-deformirovannogo so-stojanija bez#jarusnoj armirovki ventiljacionnyh stvolov pri razlich-nyh parametrah uzlov krep-lenija // Vestnik Rostovskogo gosudarstven-nogo universiteta putej soobshhenija. 2015. № 4. S. 15 - 19.
9. Baklashov I.V. Raschet armirovki vertikal'nyh stvolov shaht po predel'nym sosto-janijam. M.: Nedra, 1968. 135 s.
10. Metodika rascheta zhestkih armirovok vertikal'nyh stvolov shaht. VNIIGM im. M.M. Fedorova. Doneck, 1985. 160 s.

УДК 622.285.5

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРСИСТЕМЫ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ

А.А. Подколзин

*Разработаны предложения по совершенствованию гидросистемы крепи на основе оптимизации структуры, параметров и режимов работы по технологическому и энергетическому направлениям, снижающих энергопотребление и повышающих надёжность работы оборудования.*

*Ключевые слова: крепь, гидросистема, совершенствование, модель, оптимизация, структура, параметры, эффективность.*

Повышение эффективности подземной добычи угля связано с повышением технического уровня, надежности и эффективности применяемых техники и технологий. Основным производственным процессом является очистная выемка, которая в настоящее время еще не полностью

механизирована, в связи с чем затраты ручного труда при ведении работ достигают 29... 42 %. На участках с неустойчивыми кровлями эффективность комплексов также снижается из-за непроизводительных затрат на затяжку кровли и зачистку секций от просыпавшейся породы, значительными являются потери угля при оставлении его в защитной пачке в кровле. На участках с труднообрушаемой кровлей возможно возникновение горных ударов, поломка оборудования крепи, снижается безопасность труда рабочих.

Очистной выемочный комплекс является многомашинным, многофункциональным и многосвязным объектом, который пока не имеет точного математического описания, обеспечивающего моделирование работы в разнообразных горногеологических и горно-технических условиях, изменяющихся во времени и пространстве.

Обеспечение требуемой надежности поддержания и управления кровлей, эффективности работы комплекса, а также сокращение затрат на его создание и эксплуатацию, базируется на применении крепей, структура и рациональные параметры которых установлены с применением методов оптимизации. Процесс оптимизации целесообразно проводить в двух направлениях: технологическом, имеющим своим результатом утверждение технологической схемы работы комплекса, и энергетическом, решающем задачу минимизации энергозатрат [1]. При технологическом направлении оптимизации необходимо обеспечить условия нормального контактирования крепи с кровлей, а также стабильное взаимодействие между собой отдельных машин и механизмов, входящих в комплекс. При энергетическом направлении оптимизации гидросистемы обеспечивается работа оборудования в энергоэффективном режиме.

Для энергетической оптимизации гидропривода крепи применено уравнение Эйлера-Лагранжа второго рода, которое для консервативной системы имеет следующий вид:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_k} + \frac{\partial F}{\partial \dot{q}_k} = P_k ,$$

где  $L$  – функция Лагранжа, определяемая как разность кинетической  $E_k$  и потенциальной  $E_n$  энергий, Дж;  $q_k, \dot{q}_k$  – система обобщенных  $k$ -координат и их скоростей;  $P_k$  – силы, возникающие за счет источников, Н;  $\partial F / \partial \dot{q}_k^2$  – силы, возникающие за счет потерь, Н;  $F$  – функция Релея для подсчета сил рассеяния энергии в системе, зависящих от скорости движения в среде.

Функция Лагранжа имеет вид:  $L = E_k - E_n$ .

Функция Релея:  $F = \sum r_j (\dot{q}_k^2) / 2$ ,

где  $r_j$  – коэффициент пропорциональности изменения скорости обобщенной координаты.

Кинетическая энергия включает в себя: 1) энергию движущейся

жидкости, зависящую от операции технологического цикла и конструкции гидромагистралей; 2) суммарную энергию перемещающейся секции крепи и движущихся других элементов, зависящую от способа подключения гидроцилиндра к магистралям и совмещения операций в забое.

Потенциальная энергия включает в себя: 1) величину геодезического напора жидкости при наклонном расположении забоя; 2) энергию сжатых жидкостной и газовой фаз; 3) энергию деформации материалов гидромагистралей и разводки; 4) упругую характеристику оборудования насосной установки; 5) упругую характеристику гидроаккумуляторов; 6) потенциальную энергию исполнительного органа гидропривода.

Параметры гидропривода и их сочетания обладают различными эффектами по выполнению операций. В общем функциональном виде это совокупность параметров:  $t = F[p_n, Q_n, M, d_{тр}, L_{пр}, R_d, R_{тр}, p_t, D, \alpha, s, L_{л}, \alpha_{п}, p_c, \nu, \rho, R_k, \text{ и др.}]$ , здесь -  $p_n$  и  $Q_n$  - давление (Па) и расход жидкости ( $\text{м}^3/\text{с}$ );  $M$  - масса, кг;  $d_{тр}$  - диаметр трубопровода, магистрали, м;  $L_{пр}$  - приведенная длина гидроцепи, м;  $R_d$  - внешняя нагрузка, Н;  $R_{тр}$  - сила трения, Н;  $p_t$  - тяговое усилие, Н;  $D$  - диаметр активной площади гидроцилиндра, м;  $\alpha$  - коэффициент мультипликации гидроцилиндра;  $s$  - шаг передвижения секции на забой, м;  $L_{л}$  - длина лавы;  $\alpha_{п}$  - угол падения пласта, град.;  $p_c$  - давление на сливе, Па;  $\nu, \rho$  - соответственно кинематическая вязкость ( $\text{см}^2/\text{с}$ ) и плотность ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) рабочей жидкости;  $R_k$  - коэффициент сопротивления гидроцепи.

В задаче потокораспределения рабочей жидкости по исполнительным органам крепи при совмещенном или не совмещенном режимах соотношения между расходами  $q_k$ , потерями давления  $\Delta p_k$ , и сопротивлениями  $s_k$  могут быть описаны аналогами закона Кирхгофа: для каждого узла  $\sum q_k = 0$ , для каждого контура  $\sum \Delta p_k = 0$ . Эти соотношения замыкает нелинейная связь  $\Delta p_k = R_k q_k^m$ , где  $m$  - показатель степени, зависящий от режима течения жидкости [2, 3]. Тогда, гидродинамические процессы системы можно описать уравнениями

$$\frac{\rho l_1}{S_1} \frac{dQ_1}{dt} + (K_1 + K_2) \int (Q_1 - Q_2) dt + \gamma H_{гeод} - H_1 + (R_1 - R_2) Q_1^2 = 0$$

$$\frac{\rho l_2}{S_2} \frac{dQ_2}{dt} + (K_1 + K_2) \int (Q_1 - Q_2) dt - H_2 + R_2 Q_2^2 = 0$$

где  $\gamma$  - удельный вес ( $\text{Н}/\text{м}^3$ ) жидкости,  $K_1$  и  $K_2$  - коэффициенты, зависящие от конструктивного исполнения и параметров привода,  $H_{гeод}$  - геодезический перепад высот лавы, м,  $H_1$  и  $H_2$  - напор, м;  $R_1$  и  $R_2$  - сопротивление трубопровода, зависящее от режима течения жидкости.

При рассмотрении затрат работы, мощности и энергии было учтено, что работа не является функцией состояния системы [3]. Взаимосвязь переменных  $p, Q$  и  $p_t$  можно выразить соотношением:

$$\int p Q dx = \int \left( \int R Q^n(x) dx + p_T(x) dx + C_1 \right).$$

По математической модели разработан алгоритм расчета оптимальных структуры и параметров гидропривода крепи. При этом определяются: способ организации подпора (активный подпор или без подпора), величина подпорного давления, тип и структура гидростойки, тип гидроцилиндра передвижения (обычный или с блоком автоматического регулирования), способ распора гидростойки (совмещенный или отдельный кинематический и силовой распор). Кроме того, учтен способ управления крепью (ручной, дистанционный, автоматизированный), влияющий на время выполнения вспомогательных операций (время работы с рукоятками гидроаппаратуры, переход оператора на соседнюю секцию и т.п.). Итогом моделирования является определение расчетной скорости крепления очистного забоя, которая должна превышать максимальную скорость обнажения кровли, обеспечивать требуемую нагрузку на забой и безопасность работ в лаве.

В основу выбора гидропривода из альтернатив положено разделение множества требований по признакам, характеризующим: назначение ( $T_n$ ), условия эксплуатации ( $T_э$ ) и разработки ( $T_p$ ), производственно – экономические условия ( $T_п$ ) и опыт разработки ( $T_o$ ):  $T = T_n \cup T_э \cup T_p \cup T_п \cup T_o$ .

Обобщающими критериями качества могут быть экономические критерии: минимум приведенных затрат на организацию производства и эксплуатацию, минимум удельных затрат на единицу продукции, максимальная рентабельность и т.п. Локальные критерии могут служить вспомогательным средством решения общей задачи оптимизации – построения начального приближения, выработки вариантов сравнения и т.п.

Вышеперечисленные требования представлены в виде формулы [4]:

$$\sum_{i=1}^n C_i A_i \geq \left[ \sum_{i=1}^n (Z_i + P_i) A_i + \sum_{i=1}^n \Pi_i + W_{\phi} \right],$$

где  $C_i$  – цена 1 т угля, руб./т;  $A_i$  – добыча товарного угля на шахте, т/год;  $Z_i$  – условно-переменные затраты на добычу 1 т товарного угля, руб./т;  $P_i$  – прибыль, руб./т;  $\Pi_i$  – условно-постоянные затраты на шахте, руб./год;  $W_{\phi}$  – общефирменные затраты, включающие затраты на содержание управленческих структур, содержание функционально необходимых вспомогательных структур (ремонтных, снабженческих и т.п.), руб./год.

Наибольшее влияние на эффективность добычи оказывает производительность  $Q$  очистного комплекса, определяемая зависимостью:

$$Q = c \frac{(T_{см} - T_{пз} - T_n - T_п)}{L_m(t_{очн} + t_{всп} + t_{тп}) + T_m} Lbm \gamma,$$

где  $c$  – коэффициент извлечения угля;  $T_{см}$  – длительность добычной смены, мин;  $T_{пз}$  – длительность подготовительно-заключительных операций, мин;

$L_m$  – машинная длина лавы, м;  $b$  – ширина захвата, м;  $m$  – вынимаемая мощность пласта, м;  $\gamma$  – удельный вес угля, т/м<sup>3</sup>;  $t_{осн}$ ,  $t_{всп}$ ,  $t_{тп}$  – длительность основных и вспомогательных операций и технологических перерывов, мин.

Длительность основной операции по креплению и управлению кровлей определяется соотношением:

$$t_{осн} = \frac{I}{v_{кр}} = \frac{T_{ц}}{B} = \frac{t_{p+o} + t_{де} + t_{кр+ср} + t_{pp} + t_{пер}}{B}, \quad (1)$$

где  $v_{кр}$  – скорость крепления, м/мин;  $T_{ц}$  – длительность цикла, мин;  $B$  – шаг расстановки секций, м;  $t_{p+o}$  – длительность разгрузки от горного давления и осадки крепи, с;  $t_{дв}$  – длительность движения секции на новую машинную дорогу, с;  $t_{кр+ср}$  – длительность кинематического и силового распора крепи, с;  $t_{pp}$  – длительность работы с рукоятками управления гидроаппаратурой, с;  $t_{пер}$  – длительность перехода оператора на соседнюю крепь, с.

Длительность любой рабочей операции по (1) в крепи выражается зависимостью [2]:

$$t_{im} = t_{iy} + t_{пер} + \sum_{K=1}^K z_K (\delta_K + t_K) + \sum_{j=1}^J (t_{oi} c_{im}),$$

где  $i, m$  – индекс операции и секции;  $t_{iy}$  – время на подготовку к управлению, с;  $K$  – число управляющих гидроэлементов;  $z$  – число переключений управляющих элементов;  $\delta_K$  – быстродействие гидроэлемента или магистрали;  $t_K$  – время переключения гидрораспределителя, с;  $J$  – число исполнительных гидродвигателей;  $t_{oi}$  – расчетное время работы гидродвигателей при выполнении операции, с;  $c_{im}$  – коэффициент, учитывающий изменение расчетной скорости движения рабочего звена гидродвигателя в различных секциях при различных операциях.

При создании гидросистем с оптимальными параметрами используются функциональные зависимости, которые позволяют, например, определить длительность цикла, как функцию производительности добычного участка, параметров и режимов работы насосной установки. Выбор этих решений должен осуществляться по критерию минимума эффективной мощности двигателей:

$$P_{эф} [\varphi(x_1, x_2, \dots, x_n)] = \min,$$

где  $x_i$  – локальные критерии, влияющие на эффективную мощность.

Интенсификация работы гидросистемы проводится по критерию длительности цикла  $T_{ц}$  работы гидропривода:

$$T_{ц} = [f(t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n)] = T_c + T_K + T_{ок} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $t_i$  – составляющие длительности цикла:  $T_c$  – суммарная продолжительность передвижек всех секций, с;  $T_K$  – несовмещенное с передвижкой секций крепи время передвижения конвейера, с;  $T_{ок}$  – суммарное время остановок, связанное с уменьшением скорости или простоями при

передвижении конвейера, с.

Исследование обобщенной математической модели было направлено на выявление факторов, обеспечивающих надежность взаимодействия крепи с кровлей и минимизирующих длительность выполнения технологического цикла крепления кровли. Оптимизация параметров гидропривода была проведена для основных операций цикла: осадка, передвижение и распор крепи с учетом выполнения вспомогательных операций. Было установлено, что экономия времени достигается на каждом этапе цикла по всем составляющим формул (1) и (2). Потребление электроэнергии уменьшилось за счет: исключения потерь давления и диссипативных потерь энергии в сливной гидролинии при работе гидроцилиндра по дифференциальной схеме; более полноценного использования установленной мощности электродвигателей насосной станции в течение цикла за счет работы в режиме более высокого давления, а также уменьшения времени работы электродвигателей в режиме холостого хода. Сравнение альтернатив показало, что при применении новых решений скорость крепления очистного забоя возрастает на 26,4 %, объем ручного труда сокращается на 36,3 %, а потребление и потери энергии сокращаются на 27,5 % при нерегулируемом электроприводе и сравнима с затратами энергии при регулируемом электроприводе. При этом было доказано, что каждое решение может быть применено независимо от других и в этом случае также будет достигнуто повышение эффективности работы крепи.

Основные результаты исследований были использованы при разработке технических заданий также при создании гидросистем крепей очистных комплексов, которые работали на шахтах Подмосковского и Кузнецкого бассейнов с положительным экономическим эффектом.

### Список литературы

1. Подколзин А. А., Гражданкина Т. В., Зуева Н. И. Энергетическая оптимизация гидропривода механизированной крепи // Электроснабжение, электросбережение и электроремонт: тез. докл. / под общ. ред. Б. И. Кудрина, Б. В. Жилина. Новомосковск: РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт, 2000. С. 47-48.
2. Расчет и конструирование гидроприводов механизированных крепей / Ю. Ф. Пономаренко [и др.]; под общ. ред. Ю. Ф. Пономаренко. М.: Машиностроение, 1981. 327 с.
3. Тесленко А. И. Основы гидравлических расчетов механизированных крепей. М.: Недра. 1974. 216 с.
4. Колесниченко Е. А. Колесниченко, И. Е., Погребной Д. А. Методика экономической оценки инвестиционного состояния и перспективности угледобывающих шахт и компаний // Горная промышленность. №4. 2003.

*Подколзин Анатолий Алексеевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, apodkolzin@dialog.nirhtu.ru, Россия, Новомосковск, Новомосковский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева»*

## *IMPROVING THE QUALITY OF HYDRAULIC POWERED ROOF SUPPORT*

*A.A. Podkolzin*

*Developed proposals for the improvement of hydraulic roof supports based on the optimization of the structure parameters and operation modes for technological and energy direction, reducing energy consumption and increasing the reliability of the equipment.*

*Key words: roof support, hydraulic, improvement, model, optimization, structure, parameters, efficiency.*

*Podkolzin Anatoly Alekseevich, doctor of engineering sciences, professor, head the Department, apodkolzin@dialog.nirhtu.ru, Russia, Novomoskovsk, Novomoskovsk Institute (branch) Federal state budget educational institution higher education "Russian chemical-technological University named after D. I. Mendeleev"*

## Reference

1. Podkolzin A. A., Grazhdankina T. V., Zueva N. I. Jenergetiche-skaja optimizacija gidroprivoda mehanizirovannoj krepj. //Jelektrosnabzhenie, jelektrosberezhenie i jelektroremont: Tez. dokl. /Pod obshh. red. B. I. Kudrina, B. V. Zhilina; RHTU im. D.I. Mendeleeva, Novomoskovskij institut, Novomoskovsk, 2000. S. 47-48.
2. Raschet i konstruirovanie gidroprivodov mehanizirovannyh krepej / Ju. F. Ponomarenko [i dr.]/ Pod obshh. red. Ju. F. Ponomarenko. M.: Mashinostroenie, 1981. 327 s.
3. Teslenko A. I. Osnovy gidravlicheskih raschetov mehanizirovannyh krepej. M.: Nedra. 1974. 216 s.
4. Kolesnichenko E. A. Kolesnichenko, I. E. , Pogrebnoj D. A. Metodika jekonomichekoj ocenki investicionnogo sostojanija i perspektivnosti ugledobyvajushhih shaht i kompanij // Gornaja promyshlennost'. №4. 2003.

УДК 622.285.5

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

А.А. Подколзин

*Проведено моделирование и разработаны предложения по снижению энергопотребления и повышению надёжности электромеханической системы насосных агрегатов.*

*Ключевые слова: система, насос, агрегат, модель, динамика, совершенствование, моделирование.*

В современных условиях требуемый уровень добычи угля обеспечивается высокопроизводительными механизированными комплексами. Важнейшим элементом крепи является ее гидроэнергетическая установка, подающая в гидросистему рабочую жидкость под высоким давлением. Применяемые передвижные насосные станции имеют производительность 300 л/мин, номинальное давление 40 МПа, потребляемую мощность 236 кВт. При нормальной работе комплекса в течение суток насосная станция обычно включена 18 – 22 ч, причем только 25–40 % этого времени рабочая жидкость подается в магистраль для выполнения рабочих операций [2]. Управление работой агрегатов в автоматическом режиме осуществляется по давлению в напорной магистрали потребителя путем перекрытия линии подпитки силового объёмного насоса, что приводит к формированию динамических процессов в электромеханической системе (ЭМС) насосных агрегатов, росту энергопотребления и снижению надёжности гидроагрегата. Вероятность безотказной работы электромеханической системы насосной станции довольно низкая и составляет от 0,4 до 0,8, что напрямую связано с потерями добычи полезного ископаемого.

Специфичность динамического анализа гидросистемы крепей, связанная с большой протяженностью гидромагистралей, значительными инерционными и волновыми нагрузками, аperiodичностью выполнения технологических операций как в одной, так и в нескольких точках лавы, вызывает особый подход к составлению уравнений движения исполнительных гидроцилиндров.

Решение поставленных задач потребовало разработки обобщенной математической модели работы гидропривода крепи, выявление и исследование параметров внешнего нагружения ЭМС насосных агрегатов при различных технологических операциях и режимных параметрах системы с большим числом состояний. В работе был использован модульный принцип построения математической модели. Математическая модель гидропривода, представляет собой систему алгебраических и дифференциаль-

ных уравнений, описывающих гидропривод как совокупность разнородных (гидравлических, механических, электрических) элементов, позволяющую осуществлять анализ процессов, происходящих в гидроприводе при их работе, исследовать его динамические свойства в функциональном режиме.

При разработке математической модели было принято: распределенные параметры заменены конечным множеством сосредоточенных параметров, математическая модель состоит из уравнений баланса расходов и уравнений движения отдельных элементов системы, уравнения расходов составляются при допущении, что жидкость в гидросистеме однородна и неразрывна. Для узлов, в которых происходит разделение или слияние потоков жидкости, составляются уравнения баланса. Волновые процессы в трубопроводах описываются уравнениями в частных производных. Для их решения использован метод дискретизации пространства, который заключается в замене конечно-разностными выражениями пространственных производных в уравнениях и краевых условиях.

Обобщенная математическая модель гидросистемы крепи была представлена в виде матрицы, в которой каждый элемент гидросистемы из общего их количества был отнесен к определенному типу с соответствующими ему узлами подсоединения.

Гидросистема крепи была разбита на участки: насосная установка, включающая несколько насосных станций и агрегатов; участок напорной гидромагистрали от насосной станции до управляемой секции крепи; участок напорной гидромагистрали от секции крепи до конца лавы; напорная и сливная части гидросистемы секции крепи (от магистралей через гидроаппаратуру до соответствующих полостей гидроцилиндра); участок сливной гидромагистрали от секции крепи до бака станции и участок сливной гидромагистрали от секции крепи до конца лавы, гидросистемы крепей сопряжения.

Для каждого участка было составлено математическое описание с достаточной для требуемой задачи степенью детализации процессов. Например, математическое описание участка насосной станции, состоящего из насоса, регулирующей аппаратуры, пневмогидроаккумулятора и элементарного участка напорной магистрали, имеет вид [2]:

$$q_{н1}(p_{н1}) = F_1 \dot{x}_{н1} + [C_{н1}(p_{н1}) + C_{ак}(p_{н1})] \dot{p}_{н1};$$

$$F_1(p_{н1} - p_{н2}) = 0,5(m_{н1} \ddot{x}_{н1} + \xi_{н1} F_1^3 \dot{x}_{н1}^2),$$

где  $q_{н1}(p_{н1})$  – характеристика насосной установки;  $F_1$  – рабочая площадь поперечного сечения активной полости гидроцилиндра,  $m^2$ ;  $\dot{x}_{н1}$ ,  $\ddot{x}_{н1}$  – скорости (м/с) и ускорения (м/с<sup>2</sup>) масс жидкости напорной магистрали;  $C_{н1}(p_{н1})$  – коэффициент объемной сжимаемости жидкости и деформации рукавов;  $C_{ак}(p_{н1})$  – коэффициент объемной сжимаемости аккумулятора;

$p_{H1}$ ,  $\dot{p}_{H1}$  – давление (Па) и скорость изменения давления (Па/с) в рукавах, соединяющих напорную магистраль с гидрораспределителем;  $p_{H2}$  – давление в рукавах, соединяющих гидрораспределитель с полостями гидроцилиндра передвижения, Па;  $m_{H1}$  – приведенная масса жидкости напорной магистрали, кг;  $\xi_{H1}$ , – коэффициент гидравлического сопротивления рукавов напорной магистрали.

Одной из функций гидросистемы крепи является обеспечение требуемой скорости крепления лавы. Общее время цикла складывается из суммы времен выполнения отдельных технологических операций:

$$t_{\text{ц}} = \sum_{k=1}^k t_k = t_o + t_{\text{дв}} + t_{\text{рк}} + t_{\text{рс}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{р.рук}} + t_{\text{в}},$$

где  $k$  – количество операций технологического цикла,  $t_o$  – время осадки секции, с;  $t_{\text{дв}}$  – время движения секции, с;  $t_{\text{рк}}$  – время кинематического распора секции, с;  $t_{\text{рс}}$  – время силового распора секции, с;  $t_{\text{пер}}$  – время перехода оператора на соседнюю секцию, с;  $t_{\text{р.рук}}$  – время работы с рукоятками аппаратуры управления, с;  $t_{\text{в}}$  – время выполнения вспомогательных операций, с.

Длительность операции в крепи выражается зависимостью [2]:

$$t_{im} = t_{iy} + t_{\text{пер}} + \sum_{K=1}^K z_K (\delta_K + t_K) + \sum_{j=1}^J (t_{oi} c_{im}),$$

где  $im$  – индекс операции и секции;  $t_{iy}$  – время на подготовку к управлению, с;  $K$  – число управляющих гидроэлементов;  $z$  – число переключений управляющих элементов;  $\delta_K$  – быстродействие гидроэлемента или магистрали;  $t_K$  – время переключения гидрораспределителя, с;  $J$  – число исполнительных гидродвигателей;  $t_{oi}$  – расчетное время работы гидродвигателей при выполнении операции, с;  $c_{im}$  – коэффициент, учитывающий изменение расчетной скорости движения рабочего звена гидродвигателя в различных секциях при различных операциях.

Мощность  $N$  и крутящий момент  $M_{\text{кр}}$  на валу насоса определяется по формулам:

$$N = \frac{Q_H p_H}{60 \eta_{\text{об}} \eta_{\text{мех}} \eta_{\text{г}}}, \quad M_{\text{кр}} = \frac{q p_H}{2\pi} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{мех}} \eta_{\text{г}}},$$

где  $Q_H$  и  $p_H$  – действительная подача ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) и давление (Па) жидкости, создаваемое насосом;  $\eta_{\text{об}}$ ,  $\eta_{\text{мех}}$ ,  $\eta_{\text{г}}$  – соответственно объемный, механический и гидравлический КПД насоса,  $q$  – рабочий объем насоса ( $\text{м}^3$ ).

Для многопоршневого насоса действительная подача определяется

по формуле

$$Q_n = z \frac{\pi d_n^2}{4} h n \eta_{об},$$

где  $z$  – число поршней насоса,  $d_n$  – диаметр поршня, м,  $h$  – ход поршня, м,  $n$  – частота вращения вала,  $c^{-1}$ .

При многопоршневом насосе, поршни которого равномерно расположены вокруг эксцентрика, или при линейном расположении поршней, когда эксцентрики повернуты один относительно другого на угол  $\gamma = 2 \cdot \pi / z$ , текущая подача в напорную магистраль будет равной

$$Q = \omega \frac{\pi d_n^2}{4} \sum_{k=0}^{z_1-1} \sin(\alpha + k \gamma),$$

где  $z_1$  – число поршней, одновременно находящихся в зоне нагнетания.

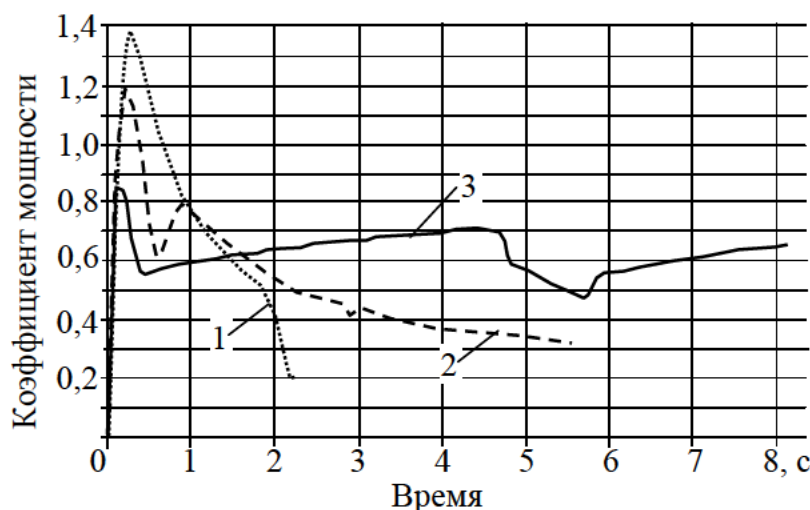
Колебания подачи, связанные с конструктивными особенностями насоса (внутренние возмущающие воздействия), характеризуются коэффициентом неравномерности, зависящим от  $z$  [2].

Адекватность при решении обобщенной математической модели реальным процессам достигается анализом на каждом участке характера движения штока гидродвигателя и выбором переменной структуры решаемых нелинейных дифференциальных уравнений.

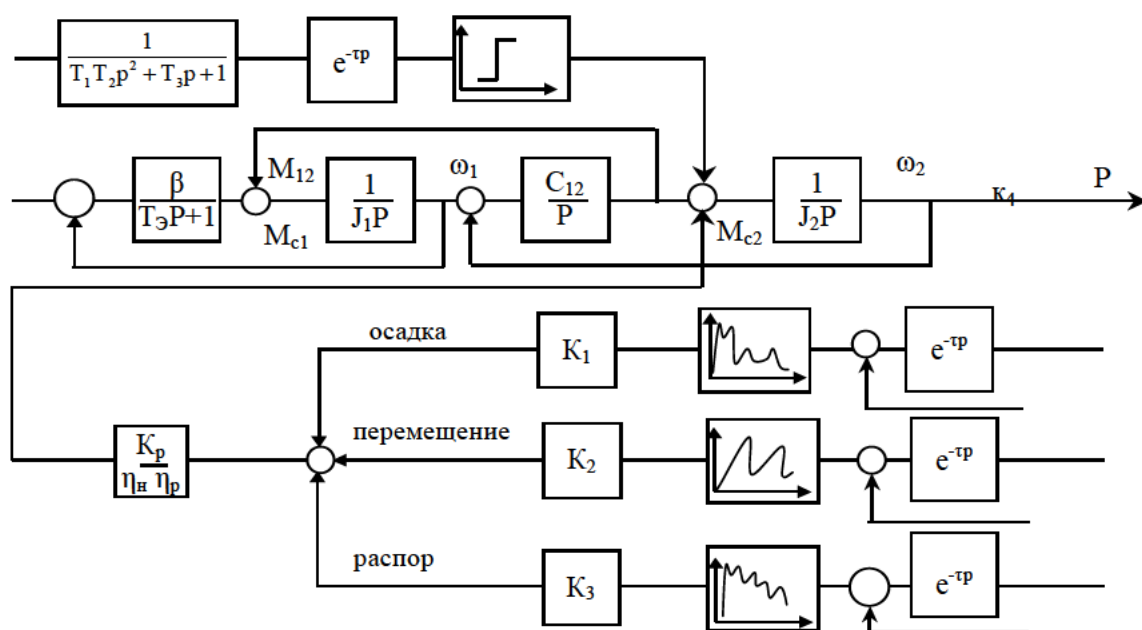
Моделирование операций технологического цикла гидрофицированной крепи с одной или несколькими насосными станциями СНТ (ОАО "Людиновский агрегатный завод", г. Людиново, Калужской обл.) позволило установить влияние внешних возмущающих воздействий при выполнении операций технологического цикла, представленных на рис. 1. Как видно из графиков коэффициент мощности ЭМС изменяется в значительных пределах. В отдельных случаях коэффициент мощности превышал установленную мощность электродвигателей насосного агрегата.

Нагрузка ЭМС насосной станции носит сложный динамический характер. Колебания и автоколебания в ЭМС вызывают повышенные нагрузки в трансмиссии, а также колебания момента и тока электродвигателя, обуславливающие дополнительные потери мощности и повышенный нагрев обмоток, что негативно отражается на надежности электродвигателя. Одним из путей гашения колебаний в системе является использование демпфирующих свойств привода.

Для исследования демпфирующих свойств разомкнутой ЭМС насосной станции была составлена структурная схема, приведенная на рис. 2. Механическая часть ЭМС представлена в виде двухмассовой упругой системы, для оценки степени затухания колебаний использован логарифмический декремент [2].



**Рис. 1. Изменение коэффициента мощности ЭМС насосного агрегата от операций технологического цикла**  
 1 - кинематический распор, 2 - передвижение секции, 3 - осадка



**Рис. 2. Структурная схема ЭМС насосной станции**

Уравнение динамической характеристики электропривода  $M = f(\omega_1, t)$  с достаточным приближением можно представить так:

$$M = M_{кз} - \beta \omega_1 - T_э \frac{dM}{dt}, \quad (1)$$

где  $M_{кз}$  – установившийся момент короткого замыкания, Н·м;  $\beta$  – жесткость статической механической характеристики, Нмс;  $T_э$  – электромагнитная постоянная времени.

Известно, что уравнение (1) с известным приближением представ-

ляет и динамическую механическую характеристику АД в области малых скольжений ( $s \leq s_k$ ), причем коэффициенты уравнения выражаются через параметры АД:  $s_k$  (критическое скольжение);  $M_k$  (критический момент двигателя) и  $\omega_{0эл}$  (синхронная частота вращения).

Уравнение (1) справедливо для всех двигателей с линейной и линеаризованной механической характеристикой при пренебрежении электромагнитной инерцией двигателей.

Для определения оптимальных величин: декремента затухания  $\lambda$ , жесткости  $\beta$  и скольжения  $\alpha$  исследованы переходные процессы в ЭМС с помощью пакета стандартных программ ТАУ. В результате анализа поведения корней характеристического уравнения, полученных амплитудных и фазовых характеристик установлены оптимальные значения жесткости  $\beta_{опт}$ , при которой обеспечивается оптимальное гашение колебаний момента в ЭМС.

Так как жесткость характеристик существующих электродвигателей насосных станций  $\beta$  значительно отличается от значений, соответствующих  $\beta_{макс}$ , проведено исследование ЭМС насосных станций на устойчивость. Для данных параметров ЭМС  $\lambda_{max}=1,5$ ,  $\beta_{опт}=21$  Нмс и  $\alpha_{опт}=0,1$  при которых снижение колебаний момента составляет 20 % [3].

На основании результатов исследований была усовершенствована электромеханическая система насосной станции. Стендовыми испытаниями было установлено соответствие расчетных значений оптимальных параметров электромеханической системы проектным в различных режимах работы гидросистем механизированных комплексов и агрегатов. Снижение амплитуды колебаний момента и средней потребляемой мощности составило 21,4–24,2 %. Расхождение между результатами теоретических и стендовых исследований составило 12,5–15 % [4].

Результаты шахтных исследований свидетельствуют о том, что ЭМС насосной станции обеспечивает повышение надежности ее работы, скорости крепления кровли, снижение динамических нагрузок на вал электродвигателя и уменьшение температуры обмоток.

### Список литературы

1. Пономаренко Ю.Ф. Насосы и насосные станции механизированных крепей. М., Недра. 1983. 183 с.
2. Расчет и конструирование гидроприводов механизированных крепей / Ю.Ф. Пономаренко [и др.]; под общ. ред. Ю.Ф. Пономаренко. М.: Машиностроение, 1981. 327 с.
3. Обоснование параметров энергосберегающих систем гидропривода горных машин/ А.А. Подколзин, В.А. Полукеева, В.Ю. Карницкий, С.И.

Швыряев // Проблемы разработки месторождений минерального сырья Российской Федерации: материалы 2-й Всероссийской конференции. 1-2 февраля 1999 г. / под общ. ред. В.И. Сарычева. Тула. ТулГУ. 1999. 128 с.

4. Полукеева В.А., Подколзин А.А., Швыряев С.И. Определение оптимальных параметров электромеханических систем насосных станций выемочных комплексов и агрегатов // Международная научно-техническая конференция "Энергосбережение-98": тезисы докладов. Тула: ТулГУ, 1998. С. 56–57.

*Подколзин Анатолий Алексеевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, apodkolzin@dialog.nirhtu.ru, Россия, Новомосковск, Новомосковский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева»*

*IMPROVEMENT OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS OF PUMPING  
UNITS, THE HYDRAULIC ROOF SUPPORTS*

*A.A. Podkolzin*

*The simulation and proposals for reducing energy consumption and improving the reliability of Electromechanical systems pumping Agra-Gatov.*

*Key words: system, pump, Assembly, model, dynamics, improving, modeling.*

*Podkolzin Anatoly Alekseevich, doctor of engineering sciences, professor, head the Department, apodkolzin@dialog.nirhtu.ru, Russia, Novomoskovsk, Novomoskovsk Institute (branch) Federal state budget educational institution higher education "Russian chemical-technological University named after D. I. Mendeleev"*

Reference

1. Ponomarenko Ju.F. Nasosy i nasosnye stancii mehaniziro-vannyh krepej. M., Nedra. 1983. 183 s.
2. Raschet i konstruirovanie gidroprivodov mehanizirovannyh krepej / Ju.F. Ponomarenko [i dr.]// Pod obshh. red. Ju.F. Ponomarenko. M.: Mashinostroenie, 1981. 327 s.
3. Obosnovanie parametrov jenergosberegajushhih sistem gidro-privoda gornyh mashin/ A.A. Podkolzin, V.A. Polukeeva, V.Ju. Kar-nickij, S.I. Shvyrtjaev // Problemy razrabotki mestorozhdenij mine-ral'nogo syr'ja Rossijskoj Federacii. Materialy 2-j Vserossijskoj konferencii. 1-2 fevralja 1999 g. Pod obshh. red. V.I. Sarycheva. Tula. TulGU. 1999. 128 s.
4. Polukeeva V.A., Podkolzin A.A., Shvyrtjaev S.I. Opredelenie optimal'nyh parametrov jelektromehaniческих систем насосных стан-ций выемочных комплексов i агрегатов. Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija "Jenergosberezhenie-98". Tezisy dokladov. Tula. TulGU. 1998 S. 56–57.

## ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОЧИСТНЫХ КАМЕР ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЯКОВЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

К.В. Созонов

*Исследовано изменение напряженно-деформированного состояния рудного массива вокруг очистных камер полигональной формы при разработке Яковлевского месторождения богатых железных руд слоевой системой с закладкой выработанного пространства. Выявлены закономерности формирования зон предельного состояния рудного массива вокруг выработок и предложены рекомендации по безопасному ведению горных работ.*

*Ключевые слова: железорудное месторождение, моделирование, напряженно-деформированное состояние, устойчивость горных выработок.*

Для увеличения производительности Яковлевского рудника при ведении горных работ в сложных гидрогеологических и горногеологических условиях необходимо обеспечить повышенный уровень технико-экономических показателей очистной выемки.

Для этого предложен вариант слоевой системы разработки с увеличенными размерами очистных камер полигональной формы. Параметры камер выбираются из условия обеспечения безопасности ведения горных работ на всех стадиях очистной выемки.

Для решения поставленной задачи исследовано напряженно-деформированное состояние рудного массива, вокруг очистных камер методом конечных элементов с использованием программного комплекса Simulia Abaqus.

Численное моделирование проходки выработок, отработки и закладки камер было рассмотрено в постановке плоской деформации. Реальный массив заменялся весомой конечной областью с линейными размерами 750 м в ширину и 200 м в высоту для исключения влияния граничных условий на распределение поля напряжений и деформаций вокруг выработок и камер. При этом массив задавался как сплошная среда. Расстояние от верхней грани до почвы выработок соответствовало размеру предохранительного рудного целика и составило 65 м. Граням модели запрещались смещения в перпендикулярных к ним направлениях.

Значения горизонтальных и вертикальных напряжений естественного напряженно-деформированного состояния массива составили соответственно  $\sigma_y = 7$  МПа и  $\sigma_x = 4$  МПа на отметке «известняки карбона – рудное тело». Данные значения вертикальных и горизонтальных напряжений приняты на основании проведенных расчетов напряженно-деформированного состояния массива в результате осушения первооче-

редного участка отработки на границе «известняки карбона – рудное тело» [1, 2, 3].

Руды Яковлевского месторождения обладают ограниченной пластичностью, вокруг выработок развиваются процессы упруго-пластической деформации пород, с образованием зон нелинейных деформаций [3, 4].

Минимальный геометрический размер плоского шестиузлового расчетного элемента на основании дискретизации расчетной области составил 0,25 метра на контуре выработки и максимальный – 30 метров на границе модели.

Упруго-пластическая модель базируется на условии прочности Кулона – Мора (условие предельного состояния), что дает приближенную с натурной оценку напряженно-деформированного состояния массива [5]:

$$\tau_c = C + \sigma_{\Pi} \operatorname{tg} \rho,$$

где  $\tau_c$  – наибольшее касательное напряжение на площадке сдвига, МПа;  $C$  – сцепление горных пород, МПа;  $\sigma_{\Pi}$  – нормальные напряжения на площадке сдвига, МПа;  $\rho$  – угол внутреннего трения, град.

Вмещающий рудный массив представлен нелинейно-деформируемой изотропной средой с физико-механическими характеристиками железнослюдяково-мартитовой руды. Физико-механические характеристики рудного массива и закладочного материала принимались по результатам лабораторных и натурных шахтных исследований, выполненных ВИОГЕМ и Горным университетом приведены в таблице [2].

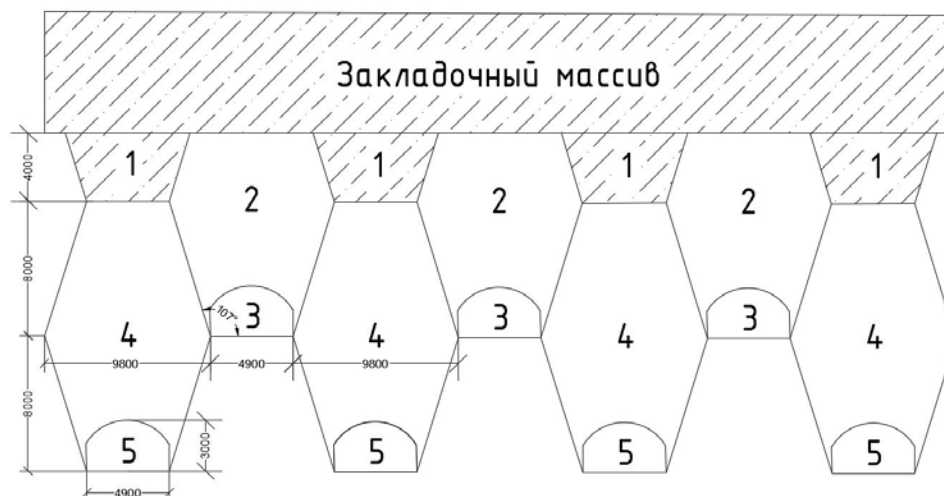
#### **Физико-механические свойства руды и закладочного массива**

| Название материала               | Модуль деформации E, МПа | Коэффициент поперечных деформаций | Удельный вес $\rho$ , МН/м <sup>3</sup> | Сцепление C, МПа | Угол внутреннего трения $\phi$ , град |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Железнослюдяково-мартитовая руда |                          |                                   |                                         |                  |                                       |
| Низкой прочности                 | 1300                     | 0,26                              | 0,034                                   | 0,4              | 28                                    |
| Средней плотности                | 1920                     | 0,26                              | 0,035                                   | 1,4              | 36                                    |
| Плотная                          | 2230                     | 0,24                              | 0,036                                   | 4,3              | 38                                    |
| Закладочный материал             |                          |                                   |                                         |                  |                                       |
| Литая закладка                   | 6000                     | 0,26                              | 0,019                                   | 2,84             | 28                                    |

Порядок проходки выработок и отработки камер показан на рис. 1.

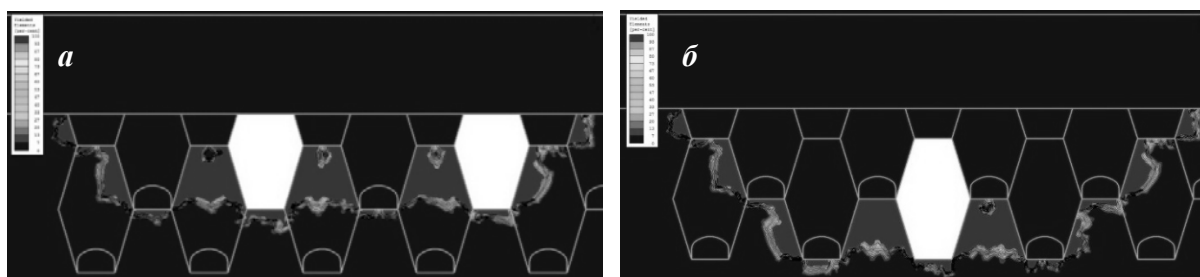
Первоначально отрабатываются переходные камеры первого этажа, сечение которых аналогично традиционным заходкам слоевой системы разработки. После проходки ортов в камерах второго этажа начинается поуступная отработка камер. Переход к отработке камер нижележащего эта-

жа происходит только после полной закладки камер второй очереди и набора нормативной прочности закладки.

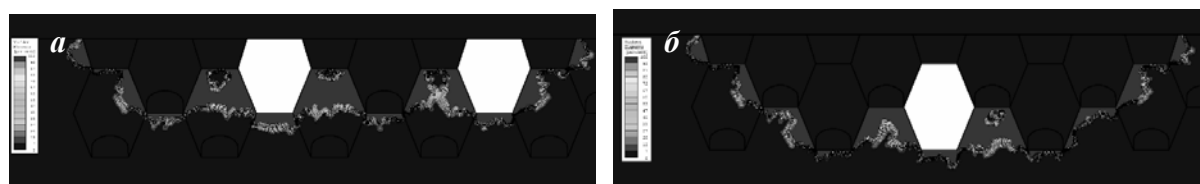


**Рис. 1. Порядок отработки камер трапецевидной формы с шахматным расположением: 1-5 этапы ведения работ. Высота камер 16 метров**

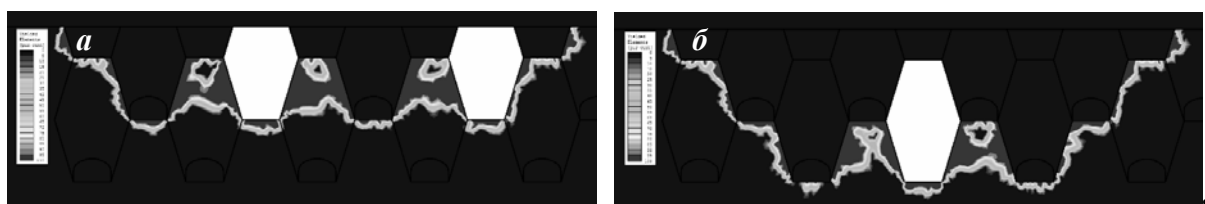
Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния рудного массива рассчитаны для камер шириной 9,8 метров и высотой 12 и 16 метров и представлены на рис. 2 – 7.



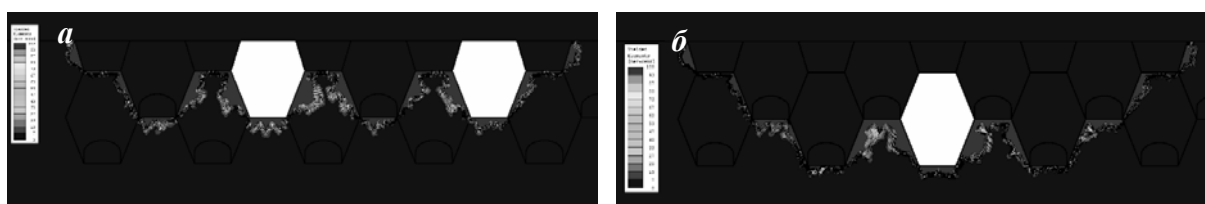
**Рис. 2. Формирование зоны предельного состояния в рыхлой железнослюдково-мартитовой руде вокруг камер высотой 16 м: а – камеры второго этажа; б – камеры третьего этажа**



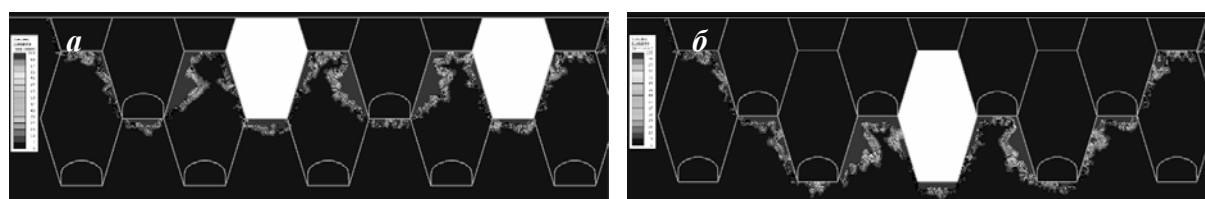
**Рис. 3. Формирование зоны предельного состояния в рыхлой железнослюдково-мартитовой руде вокруг камер высотой 12 м: а – камеры второго этажа; б – камеры третьего этажа**



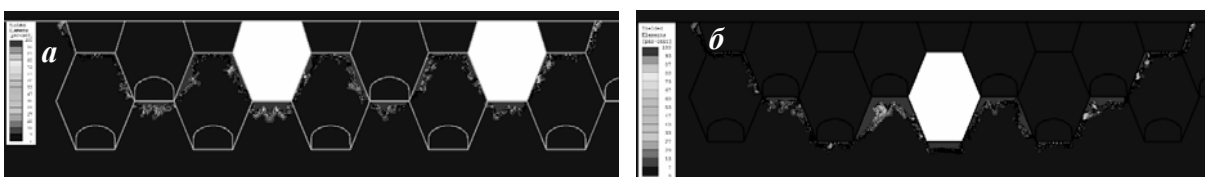
**Рис. 4. Формирование зоны предельного состояния в железнослюдково-мартитовой руде средней плотности вокруг камер высотой 16 м: а – камеры второго этажа; б – камеры третьего этажа**



**Рис. 5. Формирование зоны предельного состояния в железнослюдково-мартитовой руде средней плотности вокруг камер высотой 12 м: а – камеры второго этажа; б – камеры третьего этажа**



**Рис. 6. Формирование зоны предельного состояния в плотной железнослюдково-мартитовой руде вокруг камер высотой 16 м: а – камеры второго этажа; б – камеры третьего этажа**



**Рис. 7. Формирование зоны предельного состояния в плотной железнослюдково-мартитовой руде вокруг камер высотой 12 м: а – камеры второго этажа; б – камеры третьего этажа**

На всех стадиях отработки рудного массива зоны предельного состояния наиболее интенсивно формируются в рыхлых железнослюдково-мартитовых рудах. Очередность и порядок проведения выработок влияет на конфигурацию и размеры этих зон.

По результатам моделирования процесса отработки камер высотой 16 и 12 метров отмечены такие явления:

- интенсивный рост и последующее смыкание зон предельного состояния и потеря несущей способности горной выработки в рыхлых железослюдково-мартитовых рудах в виде вывала из кровли на высоту отрабатываемой камеры;

- локальные зоны предельного состояния вокруг выработки в железослюдково-мартитовых рудах средней плотности с наибольшим линейным размером 1,5 м и 0,2...0,3 м

- локальные зоны предельного состояния вокруг выработки в плотных железослюдково-мартитовых рудах с наибольшим линейным размером 0,35 м и 0,2 м.

- в железослюдково-мартитовых рыхлых и средней плотности рудах разделительный целик находится в предельном состоянии, что говорит о большой вероятности проявления горного давления в виде вывалов и сползания руды внутрь камеры.

- локальные зоны предельного состояния в приконтурном массиве камер в плотных железослюдково-мартитовых рудах с наибольшим линейным размером 0,8...1,0 м.

В железослюдково-мартитовых плотных рудах подготовительные выработки и разделительные целики сохраняют свою устойчивость. При ведении горных работ в рыхлых и средней плотности рудах устойчивость подготовительных выработок и разделительных целиков предлагается обеспечить установкой упрочняющей стеклопластиковой анкерной крепи, повышающей несущую способность приконтурного массива.

На следующем этапе исследований планируется рассмотреть конструктивное оформление и организацию технологических процессов системы разработки с учетом полученных результатов моделирования напряженно-деформированного состояния рудного массива вокруг очистных камер.

### Список литературы

1. Протосеня А.Г., Трушко В.Л. Прогноз устойчивости выработок в слабых железных рудах Яковлевского месторождения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых: №4. 2013. С.1-13.

2. Трушко В.Л., Протосеня А.Г., Дашко Р.Э. Геомеханические и гидрогеологические проблемы освоения Яковлевского месторождения // Записки Горного института. 2010. Т. 185. С. 9-18.

3. Потемкин Д.А., Плащинский В.Ф. Параметры поля напряжений в рудно-кристаллическом массиве до начала ведения горных работ //

Записки Горного института, СПб.: РИЦ СПГИ(ТУ), 2006. Т. 168. С. 123-126.

4. Trushko V.L. Forecast of excavation stability in weak iron ore in terms of the yakovlevsky deposit / V.L. Trushko, A.G. Protosenya // Journal of Mining Science. Volume 49. Issue 4. July 2013. P. 557-566.

5. Дашко Р.Э. Инженерно-геологическая характеристика и оценка богатых железных руд Яковлевского рудника // Записки Горного института. СПб.:РИЦСПГИ(ТУ). 2006. Т.168. С. 78-85.

*Соконов Кирилл Владиславович, асп., [ksozonov@mail.ru](mailto:ksozonov@mail.ru), Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет*

*STRESS-STRAIN STATE ASSESSMENT OF STOPEs DURING DEVELOPMENT  
OF THE YAKOVLEVSKY DEPOSIT*

*K.V. Sozonov*

*Stress-strain change of rock ore around polygonal geometry stopes during slicing-and-filling development of the Yakovlevsky deposit of high-grade iron ore is investigated. Regularities of limit state zones around openings formation are revealed and recommendations to safety mining are proposed.*

*Key words: iron-ore deposit, simulation, stress-strain state, opening strength.*

*Sozonov Kirill Vladislavovich, Post Graduate Student, [ksozonov@mail.ru](mailto:ksozonov@mail.ru), Russia, Saint-Petersburg, Saint-Petersburg Mining University*

Reference

1. Protosenya A.G., Trushko V.L. Prognoz ustojchivosti vyrabotok v slabyh zheleznyh rudah Jakovlevskogo mestorozhdenija. Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh: №4. 2013. S.1-13.

2. Trushko V.L., Protosenya A.G., Dashko R.Je. Geomechanicheskie i gidrogeologicheskie problemy osvoenija Jakovlevskogo mestorozhdenija. SPb. Zapiski Gornogo instituta. T. 185. 2010. S. 9-18.

3. Potemkin D.A., Plashhinskij V.F. Parametry polja naprjazhenij v rudno-kristallicheskom massive do nachala vedenija gornyh rabot // Zapiski Gornogo instituta, SPb.: RIC SPGGI(TU), 2006. T. 168. S. 123-126.

4. Trushko V.L. Forecast of excavation stability in weak iron ore in terms of the yakovlevsky deposit / V.L. Trushko, A.G. Protosenya // Journal of Mining Science. Volume 49. Issue 4. July 2013. P. 557-566.

5. Dashko R.Je. Inzhenerno-geologicheskaja harakteristika i ocenka bogatyh zheleznyh rud Jakovlevskogo rudnika // Zapiski Gornogo instituta. SPb.:RICSPGGI(TU). 2006. T.168. S. 78-85.

## **ЭКОНОМИКА**

УДК 332.77

### **УЧЕТ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СВЕДЕНИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПЕРЕХОД К ЕДИНОМУ ОБЪЕКТУ НЕДВИЖИМОСТИ**

С.А. Кобзина

*Практика кадастровых операций, связанных с регистрацией объектов недвижимости и постановки их на учет, до сих пор характеризуется наличием множества нерешенных, а порой и не решаемых на современном уровне развития законодательства вопросов. Спорные ситуации, возникающие при обращении в органы регистрации, вызваны не только неоднозначным трактованием законов, но и разными точками зрения государственных органов на одни и те же законодательные акты. Вопросы регистрации и учета объектов недвижимости, относящихся к одному земельному участку, характеризуются наибольшим количеством ошибок среди всех кадастровых операций.*

*Ключевые слова: недвижимость, технический план, технический паспорт, регистрация, кадастр, собственность, кадастровый паспорт, законодательство.*

Учет любых объектов недвижимости в свете современного законодательства представляет собой достаточно сложную систему документооборота, обращений в различные органы, а также некоторого числа ограничений, которые влекут за собой дополнительные вопросы в других сферах деятельности. Среди достаточно большого количества вопросов, касающихся кадастрового учета, выделяются специфические группы, случаи возникновения которых нельзя назвать редкими в кадастровой практике, но по каким-то причинам их решение до сих пор не сформировано ни законодательной, ни методической базой. Среди таких вопросов особенное место занимает учет недвижимости при формировании сведений, обеспечивающих переход к единому объекту недвижимости.

Актуальность исследования данной темы определяется сложностью всех ее аспектов, статистически доказанным наибольшим количеством ошибок и судебных исков, наименьшей нормируемостью с позиции зако-

нопроектов. Сложность понимания данного вопроса определяется отсутствием компетентных обзоров и аналитических исследований специалистов во всех аспектах, затрагиваемых данной проблематикой. Существующие литературные трактования связаны скорее с описательной частью процессов регистрации объектов недвижимости, относящихся к одному земельному участку, чем к их первопричинам, следствиям и прогнозированию.

Учет объектов недвижимости, относящихся к одному земельному участку – процедура трудозатратная, требующая подчас даже больше усилий, чем постановка земельного участка на кадастровый учет. Причина этому кроется в механизме оформления документов. Безусловно, замена технического паспорта на кадастровый в 2008 году всерьез повлияла на весь ход процедуры регистрации, поскольку эта мера привела к некоторой систематизации и сведению в единый реестр данных по всем пяти видам недвижимости – это 4 вида объектов капитального строительства (здания, сооружения, помещения, объекты незавершенного строительства). Таким образом, кадастровый паспорт стал достаточным для регистрации права. На почве этого возникает первая спорная ситуация, касающаяся технических документов, полученных после 2008 года, которые являются недействительными (исключение составляют: садовые, дачные, индивидуальные жилые дома и гаражи, права на которые оформляются по упрощенной форме в соответствии с т.н. законом о дачной амнистии; в отношении этих объектов по-прежнему сохраняется возможность регистрации права на основании декларации и оформленного по специально утвержденной форме технического паспорта). На практике данная проблема нашла отражение в увеличении общего количества документов в процессе строительства, эксплуатации и регистрации объектов недвижимости.

Казалось бы, что замена технического паспорта кадастровым должна окончательно систематизировать и упростить процесс регистрации недвижимости, относящейся к одному земельному участку. Но с начала 2012 года с введением приказа №577 «О порядке осуществления государственного учета объектов капитального строительства», согласно которому основным документом для осуществления государственного кадастрового учета является технический план, заменяющий технический паспорт.

В техническом плане зафиксированы необходимые для однозначной идентификации уникальные характеристики объекта, как и в кадастровом паспорте, нет его стоимости. Вместе с тем, в отличие от паспортов, в нем содержатся координаты, однозначно и точно определяющие местоположение объекта.

Технический план состоит из двух составляющих. Первая часть это информация о строении, вторая часть это информация о земельном участке. Характерной особенностью данного документа является установление точных координат расположения здания на земельном участке (ранее расположение здания на земельном участке было условным). Собственником

необходимо составлять технический план на каждое здание с определением точных координат и разработкой информации о земельном участке применительно к каждому объекту. То есть регистрация объектов недвижимости, принадлежащих одному участку ничуть не проще, чем регистрация объектов недвижимости, принадлежащих разным участком.

На сегодняшний день результатом кадастровых работ являются следующие документы:

1) межевой план (при выполнении кадастровых работ, в результате которых обеспечивается подготовка документов для представления в орган кадастрового учета заявления о постановке на учет земельного участка или земельных участков, об учете изменений земельного участка или учете части земельного участка);

2) технический план (при выполнении кадастровых работ, в результате которых обеспечивается подготовка документов для представления в орган кадастрового учета заявления о постановке на учет здания, сооружения, помещения или объекта незавершенного строительства, об учете его изменений или учете его части);

3) акт обследования (при выполнении кадастровых работ, в результате которых обеспечивается подготовка документов для представления в орган кадастрового учета заявления о снятии с учета здания, сооружения, помещения или объекта незавершенного строительства).

Необходимо учитывать, что данные документы должны быть предоставлены в том случае, если данные об объекте отсутствуют или они изменены. С учетом ошибок, совершенных при государственной кадастровой оценке во многих регионах, по самым скромным подсчетам данные сведения необходимо предоставить порядка 47 % собственников, но, учитывая отсутствия уведомительного порядка предоставления сведений, собственники узнают о подобных требованиях только при совершении сделок с недвижимостью, что приводит, во-первых, к отмене сделок, во-вторых, к дополнительным денежным потерям, в-третьих, к судебным искам от государства собственникам.

Экономическая сторона данного вопроса достаточно негативна во всех своих аспектах. Собственников фактически обязуют привлекать больше специалистов, нести какие-то денежные издержки, а количество судебных исков, проигранных ответчиком, постоянно возрастает. Пока никаких официальных разъяснений о том, как решать данные проблемы не поступало, поэтому судебная практика включает в себя все больше случаев подобных исков к собственникам.

Но помимо уже рассмотренных проблем необходимо также указать, что изменения, приведённые выше, вступили в силу не на всей территории страны, таким образом, в регионах, на территории которых Правила регистрации объектов были введены, технический учет объектов недвижимости включал две стадии:

- инвентаризацию объекта органами технической инвентаризации (ОТИ/БТИ) с подготовкой технического плана;
- государственный технический учет объекта в территориальном органе.

В тех субъектах РФ, на территории которых Правила регистрации объектов в силу не вступили, технический учет происходил за один этап: подготовка кадастрового паспорта по результатам технической экспертизы с указанием инвентарного, а не кадастрового номера объекта, без постановки объекта на государственный технический учет в органах ГКН. Сложившаяся ситуация привела к тому, что собственники на большей территории нашей страны проводили регистрацию объектов недвижимости, которая заключалась в регистрации каждого объекта в отдельности, получали кадастровый паспорт, но по факту законодательного соответствия этот паспорт – недействителен.

Переходный период завершился в 2013 году. И сразу же возникли логичные проблемы, связанные с оформлением документальной стороны регистрации. В соответствии с ч. 3, 4, 5, 7 ст. 41 Закона о кадастре технический план состоит из графической и текстовой частей. К текстовой части вопросов не возникало, а вот к графической, которая представляет собой явление совершенно новое, сразу же возникло множество неоднозначных трактовок. В графической части воспроизводятся сведения о местоположении объекта недвижимости на земельном участке посредством определения координат характерных точек контура этого объекта. Напомним, что для каждого объекта на одном земельном участке готовится свой комплект документов. Как показала практика, этот факт, конечно, не был воспринят собственниками положительно, но и не снизил количество желающих на регистрацию недвижимости. Но органы регистрации не были готовы к проведению процедуры.

Органы технической инвентаризации, которые после окончания переходного периода получили статус кадастровых инженеров, восприняли эту норму однозначно: для подготовки технического плана объекта недвижимости необходимо сначала составить его технический паспорт. В итоге заказчики столкнулись с такой ситуацией, когда за подготовку технического плана приходилось платить, по существу, двойную цену - за сам технический план и за технический паспорт, который, по мнению кадастровых инженеров, необходим для изготовления технического плана. Известны случаи, когда технический паспорт составлялся отдельно на здание и отдельно на пристройку здания, которое было достроено позже, но по факту и свойствам является дополнительным крылом здания. В настоящее время законодательно данная проблема решена, но практически ее ликвидация невозможна.

Но существует проблема гораздо более серьезная, вызванная принятием постановления Правительства РФ от 01.03.2013 N 175 "Об установлении документа, необходимого для получения разрешения на ввод объекта в эксплуатацию", без которого невозможна регистрация объектов недвижимости.

Как уже было указано выше, технический план объекта недвижимости изготавливается на основании разрешения на ввод объекта в эксплуатацию (ч. 8 ст. 41 Закона о кадастре). Разрешение на ввод объекта в эксплуатацию и проектная документация фигурируют в качестве приложений к техническому плану. То есть из законодательства о кадастровом учете вытекает следующая очередность: сначала нужно получить разрешение на ввод в эксплуатацию по правилам Градостроительного кодекса РФ (далее - ГрК РФ), а затем подготовить технический план.

Постановление Правительства РФ N 175 эту очередность нарушило, вступив в противоречие со ст. 41 Закона о кадастре. В ч. 3 ст. 55 ГрК РФ приводится исчерпывающий перечень документов, которые застройщик должен представить для получения разрешения на ввод в эксплуатацию объекта капитального строительства. В ч. 4 этой же статьи закреплено, что постановлением Правительства РФ могут быть предусмотрены иные документы, необходимые для получения разрешения на ввод в эксплуатацию, помимо перечисленных в ч. 3 ст. 55 ГрК РФ.

Воспользовавшись этой нормой, Правительство РФ в своем постановлении N 175 указало, что документом, необходимым для получения разрешения на ввод объекта в эксплуатацию, является технический план, подготовленный в соответствии с требованиями ст. 41 Закона о кадастре. То есть, согласно градостроительному законодательству (ч. 3, 4 ст. 55 ГрК РФ с учетом положений постановления Правительства РФ N 175) предусмотрена следующая очередность: сначала нужно получить технический план в соответствии со ст. 41 Закона о кадастре, а уже затем на его основании будет выдано разрешение на ввод в эксплуатацию. Таким образом, собственники не могут ни зарегистрировать объект недвижимости, ни получить разрешение на эксплуатацию. Необходимо учитывать, что в случае работы над несколькими объектами на одном участке, разрешение на строительство и эксплуатацию получают на все объекты сразу, а не на каждый в отдельности. Получается, что при строительстве комплексного строения процедура его регистрации и получения закрывающих документов будет затруднена документооборотом и нахождением компромисса в работе регистрирующих органов.

Следующая проблема, касающаяся кадастрового учета объектов недвижимости, возникла в связи со вступлением в силу Закона N 250-ФЗ, хотя ее корни кроются в отсутствии положений о соотношении зданий и помещений в ГК РФ.

В современной законодательной практике не существует выделение помещений, как видов имущества, а также не раскрывается соотношение здания как первичного объекта недвижимости и помещения как вторичного. Зафиксированы прецеденты, когда собственник хотел зарегистрировать помещения как на самостоятельные объекты гражданских прав. До недавнего времени необходимость кадастрового учета одновременно здания и расположенных в нем помещений не возникала. Однако сейчас ситуация в корне изменилась, поскольку в состав дополнительных характеристик объекта недвижимости вошли новые показатели: кадастровые номера помещений, расположенных в здании или сооружении, если объектом недвижимости является здание или сооружение. На практике это привело к значительному увеличению объема и времени подготовки технического плана, который теперь включал не только здания, но и помещения данного здания. Таким образом, при постановке на учет зданий, относящихся к одному земельному участку нужно собирать не только документы на каждое здание, но и на каждое помещение каждого здания. При этом следует учитывать, что в настоящее время нормативное толкование помещения содержится лишь в Федеральном законе от 30.12.2009 N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений": помещение - часть объема здания или сооружения, имеющая определенное назначение и ограниченная строительными конструкциями. Такие "объемы, ограниченные строительными конструкциями" могут быть практически в любом объекте недвижимости, даже в незначительном производственном объекте (например, в тепловой подстанции). Естественно, что подобные новации потребуют весьма серьезных расходов со стороны лиц, обратившихся за постановкой на кадастровый учет. Практически это несоответствие привело к перегруженности документооборота при учете объектов недвижимости.

Резюмируя вышесказанное можно сделать вывод, что современная законодательная база своим противоречивым трактованием вынуждает собственников собирать большое количество документации, которая во многих случаях является взаимоисключающей, приводит к возникновению большого числа затрат времени и денежных средств на регистрацию всех объектов недвижимости. Но без прохождения этих этапов невозможно проведения ни одной операции с недвижимостью.

### Список литературы

1. Письмо Минэкономразвития России от 22.02.2013 N Д23И-449 "О рассмотрении обращения "О деятельности органов и организаций по государственному техническому учету и технической инвентаризации объектов капитального строительства после 1 января 2013 г."
2. Указ Президента РФ от 01.11.2013 N 819 "О Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации".

3. Приказ Минэкономразвития России от 01.09.2010 N 403 "Об утверждении формы технического плана здания и требований к его подготовке" (вместе с Требованиями к подготовке технического плана здания).

4. Приказ Минэкономразвития России от 29.11.2010 N 583 "Об утверждении формы технического плана помещения и требований к его подготовке".

5. Письмо ФГБУ "Федеральная кадастровая палата Росреестра" от 07.05.2013 N 08-0421-ВБ "О направлении разъяснений".

6. Градостроительный кодекс РФ (ГрК РФ) от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ

7. Федеральный закон от 24 июля 2007 г. N 221-ФЗ "О государственном кадастре недвижимости"

8. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 14 октября 2011 г. N 577 "О порядке осуществления государственного учета зданий, сооружений, помещений, объектов незавершенного строительства в переходный период применения Федерального закона "О государственном кадастре недвижимости" к отношениям, возникающим в связи с осуществлением государственного учета зданий, сооружений, помещений, объектов незавершенного строительства"

9. Федеральный закон от 23 июля 2013 г. N 250-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственной регистрации прав и государственного кадастрового учета объектов недвижимости"

10. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"

*Кобзина Светлана Алексеевна, асп., [kobz-svetlana@yandex.ru](mailto:kobz-svetlana@yandex.ru), Россия, Красноярск, Красноярский государственный аграрный университет*

*REGISTRATION OF REAL ESTATE IN THE FORMATION OF DATA,  
TO ENSURE THE TRANSITION TO A SINGLE PROPERTY*

*S.A. Kobzina*

*The practice of cadastral operations relating to the registration and recording of real estate so far is characterized by a number of unresolved, and sometimes unsolvable at the present level of development, legislation issues. Disputes arising from the registration application is due not only to ambiguous interpretation of the law, but also different viewpoints by state authorities on the same legislation. The registration and accounting of real estate objects belonging to the same parcel of land are usually characterized by the highest number of mistakes among all cadastre operation.*

*Key words: real estate, technical plans, technical passport, registration, cadastre, property, cadastral passport, the law.*

*Kobzina Svetlana Alexeevna, postgraduate student, kobz-svetlana@yandex.ru, Russia, Krasnoyarsk, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Krasnoyarsk state agrarian university*

#### Reference

1. Pis'mo Minjekonomrazvitija Rossii ot 22.02.2013 N D23I-449 "O rassmotrenii obrashhenija "O dejatel'nosti organov i organizacij po gosudarstvennomu tehničeskomu uchetu i tehničeskoy inventarizacii ob#ektov kapital'nogo stroitel'stva posle 1 janvarja 2013 g."
2. Ukaz Prezidenta RF ot 01.11.2013 N 819 "O Ministerstve stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva Rossijskoj Federacii".
3. Prikaz Minjekonomrazvitija Rossii ot 01.09.2010 N 403 "Ob utverzhdenii formy tehničeskogo plana zdanija i trebovanij k ego pod-gotovke" (vmeste s Trebovanijami k podgotovke tehničeskogo plana zdanija).
4. Prikaz Minjekonomrazvitija Rossii ot 29.11.2010 N 583 "Ob utverzhdenii formy tehničeskogo plana pomeshhenija i trebovanij k ego podgotovke".
5. Pis'mo FGBU "Federal'naja kadaastrovaja palata Rosreestra" ot 07.05.2013 N 08-0421-VB "O napravlenii raz#jasnenij".
6. Gradostroitel'nyj kodeks RF (GrK RF) ot 29 dekabnja 2004 g. N 190-FZ
7. Federal'nyj zakon ot 24 ijulja 2007 g. N 221-FZ "O gosudar-stvennom kadastre nedvizhimosti"
8. Prikaz Ministerstva jekonomičeskogo razvitija Rossijskoj Federacii ot 14 oktjabnja 2011 g. N 577 "O porjadke osushhestvlenija gosudarstvennogo ucheta zdanij, sooruzhenij, pomeshhenij, ob#ektov nezaver-shennogo stroitel'stva v perehodnyj period primenenija Federal'nogo zakona "O gosudarstvennom kadastre nedvizhimosti" k otnoshenijam, vznikajushhim v svjazi s osushhestvleniem gosudarstvennogo ucheta zdanij, sooruzhenij, pomeshhenij, ob#ektov nezavershennogo stroitel'stva"
9. Federal'nyj zakon ot 23 ijulja 2013 g. N 250-FZ "O vnesenii izmenenij v ot-del'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii v chasti gosudarstvennoj registracii prav i gosudarstvennogo kadaastro-vogo ucheta ob#ektov nedvizhimosti"
10. Federal'nyj zakon ot 30 dekabnja 2009 g. № 384-FZ "Tehničeskij reglament o bezopasnosti zdanij i sooruzhenij"

УДК 622.53:622.534:678.5/.6.003.1

## ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ КУЗБАССА В ПЕРИОД ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

П.М. Федяев

*На современном этапе развития угольной отрасли России не смотря на имеющиеся инвестиционные, технологические и инновационные позитивные возможности для развития своей производственно-хозяйственной деятельности угольная промышленность не в полной мере способна развивать этот потенциал на основе существующей нормативно-правовой базы.*

*Для реализации инновационного пути развития горных отраслей в условиях экономического кризиса необходимо установление «узких мест» и механизмов их раскрытия в системе экономико-правовых взаимоотношений между предприятиями отрасли и государством на основе инструментов государственно-частного партнерства отличающихся комплексностью учета условий влияющих на возможность и эффективность их применения на конкретном угледобывающем предприятии.*

*Ключевые слова: инновационное развитие угольной промышленности в условиях экономического кризиса на основе инструментов государственно-частного партнерства.*

Мировой экономический кризис внес существенные изменения в проекты и планы инновационного развития угольной промышленности Кузбасса [1, 2, 3].

Одно из таких изменений происходящих в результате действия длительного кризиса выразилось в том, что амбициозные проекты по вводу новых электрогенерирующих объектов существенно сокращаются и замораживаются [4, 5, 6].

Главным препятствием развития угольной электроэнергетики является мировой финансовый кризис, а также невысокие темпы роста эффективности инновационного развития электроугольной сферы промышленного производства [7, 8].

Другие изменения имеют место внутри самой угольной отрасли. Намечились новые тенденции, связанные со снижением масштабов, или даже приостановкой в развитии инновационной деятельности [9]. Последствия от этого негативно скажутся в ближайшем будущем, в том числе и на персонале [10]. Это отработка запасов с применением в основном одной технологии. На разрезах это транспортная система разработки с применением автомобильного транспорта для вывозки угля и вскрышных пород, приемлемая в различных горно-геологических условиях, однако являющаяся наиболее затратной [11, 12]. На эту систему в Кузбассе приходится

84 % добычи угля открытым способом. При этом за годы экономического кризиса, никаких инновационных технологий на предприятиях не внедряется, за исключением замены парка эскавационного оборудования (механические экскаваторы заменяются на гидравлические).

На шахтах - это широкое внедрение длинностолбовых систем разработки с оснащением очистного забоя высокопроизводительными механизированными комплексами. На долю этой системы приходится около 93 % всей подземной добычи угля (включая добычу из мощных пластов двумя слоями (6 %) и с выпуском подкровельной пачки угля). Для эффективной работы таких шахт необходимо поддерживать стабильно высокие нагрузки на очистной забой, что возможно только в благоприятных горно-геологических условиях.

Приоритетным направлением развития угольной промышленности Кузбасса в условиях финансового кризиса, должно быть усиление инновационной деятельности, направленной, прежде всего, на снижение издержек на добычу и переработку, на обеспечение безопасности работы горняков и внедрение технологий добычи, адаптированных к конкретным горно-геологическим условиям [13].

Однако справиться со всеми проблемами, которые необходимо решать, особенно в условиях финансового кризиса силами только угольных компаний, не представляется возможным, им необходима поддержка государства [14].

Однако кризис, не меняя приоритеты инновационного развития, вносит свои коррективы. В чрезвычайной ситуации (а именно таковой является ситуация российского кризиса) меняются темпы необходимых перемен и их взаимосвязи [15].

Именно поэтому в настоящее время должна решаться задача перевода экономики угольной отрасли Кузбасса на инновационный путь развития.

С 2009 года в Кемеровской области созданы льготные налоговые условия для предприятий реального сектора экономики – до 13,5 % снижена региональная ставка налога на прибыль. Предприятия углехимии, реализующие проекты подземной газификации угля, наукоемких отраслей могут получить отсрочку, рассрочку или инвестиционный налоговый кредит по региональным налогам на льготных условиях. 42 предприятия области, включенные в федеральные и региональные перечни системообразующих предприятий, получили государственную поддержку.

Сегодня в Кузбассе действует 20 форм поддержки предпринимателей. Предприниматели получают гранты. Создан гарантийный фонд, который обеспечивает до 70 % залога по кредитам банков.

В тоже время, в условиях затянувшегося экономического кризиса работоспособность созданных инструментов государственной поддержки

инновационных проектов заметно снизилась в силу действия объективных факторов.

Для реализации программы СО РАН «Научное и технологическое обеспечение социально-экономического развития Кемеровской области» администрация Кемеровской области планировала создать инновационный фонд с бюджетом около 2 млрд руб. с привлечением на паритетных началах средств Российской венчурной компании и бизнес-структур Кемеровской области. Средства для реализации проектов предполагалось выделять на конкурсной основе через Кузбасский технопарк. Из-за кризиса в полном объеме не удалось профинансировать выполнение программы. Тем не менее, используются все возможности, все каналы, чтобы ускорить начало крупномасштабной реализации программы.

Данный инструмент государственной поддержки инноваций в условиях, когда многие предприятия стали низкорентабельными или даже убыточными в условиях длительного экономического кризиса также во многом утратили свою стимулирующую способность.

Несмотря на кризис по поручению губернатора на проекты особой важности для региональной экономики и высокой степени готовности выделены средства из областного бюджета. В этот список вошли три проекта, два из которых сопряжены с инновационной деятельностью предприятий угольной отрасли Кузбасса.

К одному из них относится утилизация шахтного метана в блочно-модульных котельных [16].

Пилотная установка внедрена Институтом угля и углехимии СО РАН, АНО «Углеметан» совместно с ОАО ХК «СДС-Уголь» в рамках проекта Программы развития ООН «Российская Федерация: устранение барьеров извлечения и утилизации шахтного метана».

К другому - технология приготовления водоугольного топлива и оборудования для его сжигания в модифицированных котлах малой промышленности Института теплофизики СО РАН. Эта разработка рекомендована для финансирования угольными компаниями Кузбасса, и Администрация Кемеровской области окажет содействие в поиске необходимых контактов и организации взаимодействия между разработчиками технологии и предприятиями, на которых она могла бы быть внедрена.

Наступление глобального кризиса и в России и за рубежом снизило востребованность инновационной продукции. К негативным последствиям кризиса в нашей стране следует отнести уменьшение шансов на выживание для зарождающихся инновационных предприятий снижение доли регионов, перешедших на путь инновационного развития. Мировой экономический кризис усложнил для России выход на траекторию инновационного развития. Ухудшилось финансовое состояние предприятий, что препятствует наращиванию доли негосударственного финанси-

рования сектора исследований и разработок. В условиях сокращения доходов бюджета более жесткой стала бюджетная политика, что ограничивает возможности использования государством финансовых стимулов для наращивания инновационной активности [17].

Это дополнительно ограничивает для бизнеса возможность инвестирования в инновационное развитие.

Таким образом, в соответствии с вышеизложенным был сделан вывод о том, что в условиях затянувшегося экономического кризиса, новых внешнеэкономических факторов, отрицательно влияющих на состояние экономики страны и, в том числе, на экономику угольной промышленности Кузбасса, необходим поиск новых форм и способов, способствующих повышению эффективности угледобывающего производства. Одним, из таких способов, которые, безусловно, способны позитивно влиять на экономику предприятий угольной отрасли являются инструменты ГЧП – инновационных проектов развития.

### Список литературы

1. Попов С.М., Мясков А.В. Методические основы формирования направлений использования техногенного минерального сырья // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S1. С. 157-166.
2. Efimov V.I. Justification of the use of polymer composite materials for systems of mine water outflow // Miners week - 2015. reports of the xxiii international scientific symposium. 2015. С. 233-239.
3. Myaskov A.V. Popov S.M. Efimov V.I. The methodological principles of the organization of publicprivate. partnerships for innovation development of mining enterprises in the economic crisis // Miner's week - 2015/ Reports of the xxiii international scientific symposium. 2015. С. 178-184.
4. Гридин В.Г., Ефимов В.И. 40 вопросов по экологии. М.: МГГУ, 2007. 168 с.
5. Гридин В.Г., Ефимов В.И. Производство и окружающая среда. М.: МГГУ, 2007. 163 с.
6. Попов С.М., Хелая И.Т. Методические основы эколого-экономического обоснования создания энерго-угольных комплексов Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № S-4-10. С. 104-110.
7. Ефимов В.И., Попов С.М., Федяев П.М. К вопросу о реализации экологической политики на основе взаимодействия государства и предприятий горнодобывающих отраслей для реализации инновационных экологических проектов в современных условиях // Сб. трудов XI11 Международной научно-практической конференции Российского общества

экологической экономики «Теория и практика экономического регулирования природопользования и охраны окружающей среды». Казань 7-11 июня 2015. С.144-151.

8. Экономика природопользования/ Н.М. Боднарук, А.А. Кобяков, Л.В. Рыбак, С.М. Попов, И.А. Стоянова: учебное пособие. М., 2010. 140 с.

9. Попов С.М., Болдырев А.А. Методические основы решения эколого-экономических задач на примере предприятий центра России // Горный журнал. 2007. № 6. С. 29.

10. Ефимов В.И., Рыбак Л.В. Управление персоналом. М.: МГГУ, 2009. 301 с.

11. Попов С.М., Попов М.С. Эколого-экономическое обоснование применения аутсорсинга для выполнения горнотранспортных работ на разрезе «Тугнуйский» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № S-4-10. С. 81-85.

12. Ефимов В.И., Перников В.В., Харченко В.А. Эколого-экономическая оценка эффективности разработки месторождений открытым способом. М.: МГГУ, 2011. 90с.

13. Попов С.М., Куликова А.С. Финансовое обеспечение маркетинга на рынке вторичных ресурсов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2008. №6. С. 266-269.

14. Попов С.М., Дронов А.В. Экономическое обоснование стратегии развития Мосбасса в условиях кризиса // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2003. №7. С. 79-97.

15. Ефимов В. И., Попов С. М., Федяев П. М. Методические основы организации привлечения инноваций для решения эколого-экономических задач в современных условиях // Сб. трудов международной научно-практической конференции «Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве». Экибастуз, Прокопьевск. 2015. С.120-122.

16. Попов С.М. Методологические основы оценки территориальных рынков сбыта для потребительных стоимостей, создаваемых при использовании углепромышленных отходов // Сб. трудов «Экология и экономика природопользования». Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2008. С. 3.

17. Экономика, организация, управление природными и техногенными ресурсами/ В.Г. Гридин [и др.]. М.: Горная книга, 2012. 752 с.

*Федяев Павел Михайлович, депутат, [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Россия, Москва, Государственная Дума VI созыва*

*PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP AS A TOOL FOR INNOVATION DEVELOPMENT*

OF KUZBASS COAL-MINING INDUSTRY DURING THE ECONOMIC CRISIS

*P. Fedyaev*

*At the present stage of development of the coal industry in Russia in spite of the existing investment, technological innovation and positive opportunities for the development of its production and economic activity of the coal industry is not able to fully develop this potential on the basis of the existing legal framework.*

*For the implementation of the innovative development of mining industries in the economic crisis it is necessary to identify bottlenecks and mechanisms of disclosure in the system of economic and legal relationships between industry and government on the basis of public-private partnership characterized by comprehensive consideration of the conditions affecting the availability and effectiveness of their application in specific coal mining company.*

*Key words: Innovative development of coal industry in the context of the economic crisis on the basis of public-private partnerships.*

*Fedyaev Pavel Mihailovich, Deputy, [v.efimov@mirtrade.ru](mailto:v.efimov@mirtrade.ru), Russia, Moscow, State Duma*

Reference

1. Popov S.M., Mjaskov A.V. Metodicheskie osnovy formirovaniya napravlenij ispol'zovaniya tehnogennogo mineral'nogo syr'ja. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2015. № S1. S. 157-166.
2. Efimov V.I. Justification of the use of polymer composite materials for systems of mine water outflow / V sbornike: Miners week - 2015. reports of the xxiii international scientific symposium. 2015. S. 233-239.
3. Myaskov A.V. Popov S.M. Efimov V.I. The methodological principles of the organization of publicprivate. partnerships for innovation development of mining enterprises in the economic crisis / V sbornike: Miner's week - 2015/ Reports of the xxiii international scientific symposium. 2015. S. 178-184.
4. Gridin V.G., Efimov V.I. 40 voprosov po jekologii. M.: MGGU, 2007. 168 s.
5. Gridin V.G., Efimov V.I. Proizvodstvo i okruzhajushhaja sreda. M.: MGGU, 2007. 163 s.
6. Popov S.M., Helaja I.T. Metodicheskie osnovy jekologo-jekonomicheskogo obosnovaniya sozdaniya jenergo-ugol'nyh kompleksov Kuzbassa. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2012. № S-4-10. S. 104-110.
7. Efimov V.I., Popov S.M., Fedjaev P.M. K voprosu o realizacii jekologicheskoy politiki na osnove vzaimodejstvija gosudarstva i predpriyatij gornodobyvajushhih otraslej dlja realizacii innovacionnyh jekologicheskikh proektov v sovremennyh uslovijah. Sb. trudov XI11 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii Rossijskogo obshhestva jekologicheskoy jekonomiki «Teorija i praktika jekonomicheskogo regulirovaniya prirodopol'zovaniya i ohrany okruzhajushhej sredy». Ka-zan' 7-11ijunja 2015. S.144-151.
8. Jekonomika prirodo-pol'zovaniya/ N.M. Bodnaruk, A.A. Kobjakov, L.V. Rybak, S.M. Popov, I.A. Stojanova//Uchebnoe posobie. Moskva. 2010. 140 c.

9. Popov S.M., Boldyrev A.A. Metodicheskie osnovy reshenija jekologo-jekonomicheskikh zadach na primere predpriyatij centra Rossii. «Gornyj zhurnal». 2007. № 6. S. 29.
10. Efimov V.I., Rybak L.V. Upravlenie personalom. M.: MGGU, 2009. 301 s.
11. Popov S.M., Popov M.S. Jekologo-jekonomicheskoe obosnovanie primeneniya autorsinga dlja vypolnenija gornotransportnyh rabot na razreze «Tugnujskij». Gornyj informacionno-analiticheskij bjulle-ten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2012. № S-4-10. S. 81-85.
12. Efimov V.I., Pernikov V.V., Harchenko V.A. Jekologo-jekonomicheskaja ocenka jeffektivnosti razrabotki mestorozhdenij ot-krytym sposobom. M.: MGGU, 2011. 90s.
13. Popov S.M., Kulikova A.S. Finansovoe obespechenie marke-tinga na rynke vtorichnyh resursov. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2008. №6. S. 266-269.
14. Popov S.M., Dronov A.V. Jekonomicheskoe obosnovanie strate-gii razvitija Mosbassa v uslovijah krizisa. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2003. №7. S. 79-97.
15. Efimov V. I., Popov S. M., Fedjaev P. M. Metodicheskie osno-vy organizacii privlechenija innovacij dlja reshenija jekologo-jekonomicheskikh zadach v sovremennyh uslovijah: sb. trudov mezhdunarod-noj nauchno-prakticheskoy konferencii «Povyshenie kachestva obrazova-nija, sovremennye innovacii v nauke i proizvodstve». Ekibastuz, Prop'kovsk. 2015. S.120-122.
16. Popov S.M. Metodologicheskie osnovy ocenki territorial'-nyh rynkov sbyta dlja potrebitel'nyh stoimostej, sozdavaemyh pri ispol'zovanii uglepromyshlennyh othodov: sb. trudov «Jekologija i jekonomika prirodnopol'zovanija». Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2008. S. 3.
17. Jekonomika, organizacija, upravlenie prirodnyimi i tehno-gennymi resursami/ V.G. Gridin [i dr.]/M., «Gornaja kniga», 2012. 752 s.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОЛОГИЯ

|                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Бурдова М.Г., Левковская В.В.</i><br>Фильтр-дезинфектант. назначение и экспериментальная проверка его действия.....                                                                                   | 3  |
| <i>Данзиев Р.М., Исмаилов К.Х., Джавадов Н.Г.</i><br>Комбинированный дистанционный метод двухуровневого определения влажности почвы в целях прогнозирования наводнений.....                              | 9  |
| <i>Ефимов В.И., Сидоров Р.В., Корчагина Т.В.</i><br>Проблемы проектирования консервации (ликвидации) шахт Прокопьевско-Киселевского района Кемеровской области.....                                      | 18 |
| <i>Ефимов В.И., Попов С.М., Федяев П.М.</i><br>Пути решения проблем взаимодействия государства и горнодобывающего бизнеса при внедрении инновационных экологических технологий в кризисных условиях..... | 24 |
| <i>Куролап С.А., Яковенко Н.В., Комов И.В.</i><br>Алгоритм оценки вероятности развития опасных природных явлений в Воронежской области на основе использования информационных технологий.....            | 31 |
| <i>Лискова М.Ю.</i><br>Геоэкология при современном строительстве предприятий по добыче и обогащению калийно-магниевых солей.....                                                                         | 39 |
| <i>Пашков С.В., Тайжанова М.М.</i><br>Детерминанты овражной эрозии в Северном Казахстане.....                                                                                                            | 50 |
| <i>Прохоров Д.О.</i><br>Методика определения геометрических параметров породных отвалов угольных шахт.....                                                                                               | 64 |
| <i>Сафронов В.П., Матыченков В.В., Бочарникова Е.А., Носенко С.И.</i><br>Использование Подмосковского угля для получения органических удобрений, снижающих содержание тяжелых металлов в растениях.....  | 71 |

### ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Домрачев А.Н., Риб С.В., Никитина А.М.</i><br>Адаптация методов оценки риска обрушения подземных горных выработок к условиям шахт юга Кузбасса..... | 81 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ГЕОМЕХАНИКА

*Вчерашняя Ю.В.*

Обоснование параметров жесткой армировки вертикальных стволов с протяженными звеньями проводников..... 90

*Качурин Н.М., Сенкус Вал. В., Корчагина Т.В., Левковская В.В.*

Теоретические положения моделирования диффузии жидких примесей в очистных фильтрах системы шахтного водоотлива..... 98

*Мехтиев Дж.Т., Исмаилов К.Х., Джавадов Н.Г.*

Исследование динамических характеристик регистрации быстропротекающих процессов оползней с помощью GPS..... 105

*Чебан А.Ю., Соболев А.А.*

Разупрочнение поверхностного слоя уступов при сезонном промерзании породы..... 113

## ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

*Белякова Е.В., Головин К.А., Ковалев Р.А., Копылов А.Б.*

Гидроструйная цементация в дорожном строительстве..... 120

*Голик В.И., Комащенко В.И., Качурин Н.М.*

К проблеме подземной разработки рудных месторождений Центрального Федерального округа..... 127

*Голик В.И.*

Оптимизация технологии разработки маломощных пологих рудных тел на геомеханической основе..... 139

*Голик В.И., Комащенко В.И., Савин И.И.*

Повышение качества руд при подземной разработке месторождений с обрушением..... 153

*Головин К.А., Ефремов Д.Н., Ковалев Р.А., Копылов А.Б.*

К вопросу об учете дилатансии при описании взаимодействия высокоскоростной струи с породным массивом..... 168

*Головин К.А., Ковалев Р.А., Копылов А.Б.*

Расчёт крепей, взаимодействующих со слоем расширяющихся пород..... 174

*Ефимов В.И., Попов С.М., Калачева Л.В.*

Основные задачи подготовки кадров угольной промышленности с учетом инновационного развития отрасли и предложения по их решению..... 179

*Ефимов В.И., Сидоров Р.В., Корчагина Т.В.*

Систематизация этапов и последовательности процесса консервации шахт и основных аспектов, регулируемых нормативными актами в данной области..... 183

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Кисляков В.Е., Веретенова Т.А., Катышев П.В.</i><br>Особенности технологии отработки мощных угольных месторождений при веерной системе.....                                            | 190 |
| <i>Лукиенко Л.В., Гальченко К.В.</i><br>Манипулятор для крепления горных выработок, обеспечивающий повышение эффективности щитовых проходческих комплексов.....                           | 198 |
| <i>Плешко М.С., Вчерашняя Ю.В., Насонов А.А., Копылов А.Б.</i><br>Определение параметров безъярусной армировки с переменным шагом с учетом технологических отклонений контура ствола..... | 209 |
| <i>Подколзин А.А.</i><br>Совершенствование гидрсистемы механизированной крепи.....                                                                                                        | 215 |
| <i>Подколзин А.А.</i><br>Совершенствование электромеханической системы насосных агрегатов гидрофицированных крепей.....                                                                   | 222 |
| <i>Созонов К.В.</i><br>Оценка напряженно-деформированного состояния очистных камер при разработке Яковлевского месторождения.....                                                         | 229 |

## ЭКОНОМИКА

|                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Кобзина С.А.</i><br>Учет объектов недвижимости при формировании сведений, обеспечивающих переход к единому объекту недвижимости.....                            | 235 |
| <i>Федяев П.М.</i><br>Государственно-частное партнерство как инструмент для инновационного развития угольной отрасли Кузбасса в период экономического кризиса..... | 243 |

Научное издание

**ИЗВЕСТИЯ  
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

**Выпуск 4**

Редактор Н.М. Качурин

*Компьютерная правка и верстка — Г.В. Стась, Т.В. Бекленищева*

Учредитель:  
ФГБОУ ВО "Тульский государственный университет"

Изд. лиц. ЛР № 020300 от 12.02.97.  
Подписано в печать 14.11.16. Дата выхода в свет 20.11.16.  
Фотмат бумаги 70×100 1/16. Бумага офсетная  
Усл. печ. л. 11,9. Уч. -изд. л. 102,5.  
Тираж 500 экз. Заказ 321.  
Цена свободная

Тульский государственный университет  
300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Отпечатано в Издательстве ТулГУ  
300012, г. Тула, просп. Ленина, 95