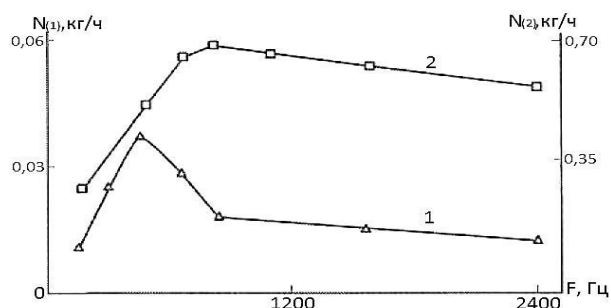


**Секция**  
**«Химико-технологические процессы и техносферная безопасность»**

### Диспергирование в импульсных разрядах металлов и сплавов с образованием ультрадисперсных порошков

При электроискровом диспергировании металлов, как известно, на формирование и образование продуктов значительное влияние оказывают применяемые в процессе рабочие растворы [1]. Вследствие развития в зоне искрового разряда высокой температуры, достигающей более  $10000^{\circ}\text{C}$  [2], рабочий раствор подвергается термическому разложению с получением продуктов разложения, в т.ч. кислорода. Значительное количество кислорода, образующееся при электроискровом диспергировании металлов в слабых растворах кислот, способствует окислению диспергированных металлических частиц с образованием на их поверхности защитной оксидной пленки, предохраняющей металл от взаимодействия с окружающей средой. В результате в процессе получают порошки металлов, которые не обладают пирофорными свойствами [1,3]. Термодинамическими расчетами выявлено, что в окислении диспергированных частиц металла принимает участие атомарный кислород [3].

Электронно-микроскопическими исследованиями показано, что полученные в процессе эрозии кристаллиты порошков металлов имеют в основном сферическую форму. С течением времени кристаллиты металлов коагулируют во вторичные агрегаты и лишь небольшая их часть (~10%) остается некоагулированной. Размеры некоагулированных кристаллитов колеблются в пределах 10-50 нм. Определенный интерес представляет электроискровое диспергирование сплавов металлов. В экспериментах использовались двух-(ПОС-40) и многокомпонентные (X18H10T) сплавы. На рисунке 1 приведены данные по влиянию частоты импульсов тока, подаваемого на электроды, на производительность электроэрозии указанных сплавов.



**Рис. 1. Зависимость производительности ( $N_{1,2}$ ) электроэрозии сплавов металлов: X18H10T (1) и ПОС-40 (2) при электроискровом диспергировании в 0,012 М растворе щавелевой кислоты от частоты импульсов тока (F).**

Производительность электроэрозии металлов существенно зависит от поверхности электродов, участвующих в процессе электроэрозии. Приведенные результаты получены при поверхности электродов равной примерно  $16\text{ см}^2$  [3].

Повышение частоты импульсов тока, как видно из рисунка, способствует вначале возрастанию производительности электроэрозии сплавов металлов, которая достигнув некоторого максимума, затем падает. Такой ход кривых N-F процесса электроэрозии сплавов металлов вызван разным распределением поступающей энергии на поверхности и в объеме сплавов, а также утечкой тока по неэродирующим контактам. Смещение максимумов производительности электроэрозии сплавов связано, как с составом сплава, так и с образующейся на их поверхности оксидной пленкой. Обращает на себя внимание тот факт, что кривые N-F для сплавов повторяют ход кривых зависимости производительности электроэрозии основных компонентов сплава от частоты импульсов тока и может

свидетельствовать о практически одинаковых значениях скоростей эродирования основного и побочного компонентов сплава. Данное предположение проверялось следующим образом. Пульпа, образованная в процессе электроискрового диспергирования сплава ПОС-40, отфильтровывалась, далее полученный осадок просушивался и затем определялся его фазовый состав. Было установлено, что соотношение компонентов в продукте эрозии и в исходном сплаве остается практически одинаковыми, тем самым подтверждая высказанное предположение.

Значительный интерес представляло выяснение возможности получения сплава несовместимых металлов, имеющих большую разницу в температурах плавления и кипения. С этой целью проводилось электроискровое диспергирование цинка и смеси цинка с железом в 0,012 М растворе щавелевой кислоты. Для определения качества образовавшихся при электроэрозии продуктов по методике, описанной в [5] из них готовились образцы сорбентов и испытывались в процессе тонкой очистки газов от сероводорода. Установлено, что сорбенты, приготовленные из смеси продуктов электроэрозии цинка (Zn) и железа (Fe), с содержанием равным 98,5% мас Zn и Fe -1,5% мас, имеют сероёмкость в 1,4 раза большую по сравнению с сорбентом, приготовленным из продукта эрозии чистого цинка. Этот эффект вероятно связан с внедрением частиц железа в зоне искрового разряда в кристаллическую решетку цинка с образованием дефектов кристаллической структуры, т.е. предположить о возможности получения сплавов несовместимых металлов в процессе электроискрового диспергирования.

#### Литература

1. Байрамов Р.К. Образование порошка алюминия при электроискровом диспергировании металла в водных. Механизм процесса //Цветные металлы. 2009. №10. – С.69-71.
2. Аренков А.Б. Основы электрофизических методов обработки материалов. Л.: Машиностроение. 1967. – 372 с.
3. Байрамов Р.К., Бугров А.В. Электроискровое диспергирование металлов и сплавов, образующих на своей поверхности оксидные пленки с низким контактным сопротивлением. // Цветные металлы. 2010. №11. – С.70-72.
4. Байрамов Р.К. Поведение металлических частиц, образованных при электроискровом диспергировании алюминия в водных растворах. //Журн. прикл. химии. 2003. Т.76, Вып.7. – С.1067-1070.
5. Байрамов Р.К. Влияние условий электроискрового диспергирования на качество получаемого продукта. // Журн. прикл. химии. 2003. Т.76, Вып.10. – С.1745-1747.

### **Причины накопления нитратов в растительной продукции**

В настоящее время наблюдается нарастающая тенденция накопления различных веществ, в том числе небезопасных для здоровья, в продуктах питания. Работают экологический закон биологического накопления веществ в цепях питания и закономерности миграции элементов в природной среде. Представляет интерес исследование причин накопления нитратов в растительной продукции и зависимости их концентраций от различных факторов [1, 2].

Нитраты (соли азотной кислоты) - один из необходимых и обычных элементов питания растений, нормальный компонент кругооборота азота, природная составная часть пищевых продуктов растительного и животного происхождения. Они поступают в организм человека как нормальная составляющая растительной пищи и принимают участие в обмене веществ. Основным источником нитратов (70-80 %) - овощи и фрукты.

Отравление нитратами и нитритами возникает в результате чрезмерного их поступления в организм с пищей и водой. Часть нитратов (5-7 %) под влиянием микрофлоры кишечника способна перейти в более токсичные соединения - нитриты (соли азотистой кислоты). Поступая в кровь, они взаимодействуют с гемоглобином, превращая его в метгемоглобин, неспособный переносить кислород к тканям. Нитраты и нитриты могут оказывать аллергическое действие.

Накопление нитратов в растительной продукции зависит от многочисленных факторов: вид и сорт растений, поражение болезнями и вредителями, использование химических средств защиты, технологии выращивания, время сбора, физико-химические свойства почвы, ее плодородие, температура и влажность, освещение. Наиболее значимый из них - это нерациональное интенсивное использование азотных удобрений (органических и особенно минеральных). Большое значение имеют физиологические особенности растений. Склонны к накоплению нитратов арбузы, тыквы, кабачки, салаты, капуста, ревень, петрушка, редька, редис. Различное количество нитратов накапливается в разных частях растений. Больше всего их в органах, обеспечивающих транспортировку питательных веществ из почвы в надземные части растения, в корнях, стеблях, жилках и черешках листьев, в кожице и поверхностных слоях плодов, меньше всего — в мякоти листьев и плодах. Существует зависимость содержания нитратов от размера овощей и степени их зрелости. Меньше всего нитратов накапливается в плодах, полученных в мае-июне, и больше — в сентябре-октябре. Содержание нитратов, как правило, превышает норму в растительной продукции, выращенной в закрытом грунте. Очень важным моментом является правильное приготовление и хранение продукта, что позволяет значительно сократить количество нитратов.

Настоящая работа посвящена определению концентрации нитратов в растительной продукции. Исследование проводилось по стандартной методике с использованием комплекта «Микон-2». Проанализировано 56 проб разнообразной растительной продукции. Получены следующие результаты: содержание нитратов в картофеле колеблется от 21,5 до 323 мг/кг (допустимый уровень 250 мг/кг), в моркови – от 13,5 до 645 мг/кг (допустимый уровень 250 мг/кг), в яблоках – от 10,5 до 41,2 мг/кг (допустимый уровень 60 мг/кг), в свекле – от 2316 до 2316 мг/кг (допустимый уровень 1400 мг/кг), в репчатом луке – от 17,6 до 46 мг/кг (допустимый уровень 80 мг/кг), в кабачках – от 10 до 944 мг/кг (допустимый уровень 400 мг/кг). Корреляций между концентрацией нитратов и способом выращивания растений (огородный или промышленный) не обнаружено.

#### Литература

1. Ермолаева В.А., Чупрова В.В. Методы определения нитратов в растительной продукции // Успехи современного естествознания, № 6, 2012. – С. 192-193.
2. Соловьев Л.П. Состояние системы мониторинга эколого-экономических систем // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013, № 1. – С.15-19.

### **Технологический процесс контактной сварки как источник производственных и экологических опасностей**

Проблема обеспечения производственной и экологической безопасности промышленных производств и отдельных технологических процессов особенно актуальна в настоящее время [1,2]. Технологический процесс контактной сварки труб является серьезным загрязнителем атмосферного воздуха, а также источником производственных опасностей.

В настоящей работе рассмотрены основные стадии технологического процесса контактной сварки труб. Контактная сварка – это процесс образования соединения в результате нагрева металла проходящим через него электрическим током и пластической деформации зоны соединения под действием сжимающего усилия. Детали соединяют на отдельных участках их соприкосновения – точках. Выявлены производственные вредные и опасные факторы: запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны, наличие шума и вибрации, возможность возникновения пожара, повышенная температура поверхностей оборудования и материалов, опасность поражения электрическим током, выбросы расплавленного металла, искр, наличие острых кромок, заусенцев, шероховатости на поверхностях заготовок и готовых изделий, наличие ультрафиолетового и инфракрасного излучения.

Проведен анализ степени влияния технологического процесса на окружающую среду. Проанализирован состав сварочного аэрозоля, который характеризуется очень мелкой дисперсностью: более 90% частиц (по массе) имеют размер 2 мкм. В состав сварочного аэрозоля входят марганец, а также продукты окисления постоянных примесей в стали: оксид железа, оксид углерода, диоксид азота. Проведен расчет валового и максимально разового выброса загрязняющих веществ и сравнение фактических значений выбросов вредных веществ и ПДВ [3]. Атмосферный воздух на участке загрязняется марганцем в количестве 0,0006 т/год, оксидом железа - 0,003 т/год, оксидом углерода - 0,005 т/год, двуокисью азота - 0,006 т/год. Фактические значения выбросов веществ превышают ПДВ.

В настоящей работе проведен расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, определено превышение максимальноразовых ПДК марганца, угарного газа и диоксида азота. Рассчитано расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязняющих веществ достигает своего максимального значения [4]. Согласно расчетам, приземная концентрация вредных веществ, выбрасываемых при технологическом процессе контактной сварки, достигает своего максимального значения, а именно максимальная концентрация марганца - 0,2493 мг/м<sup>3</sup>, оксида железа – 1,1081 мг/м<sup>3</sup>, оксида углерода – 2,2163 мг/м<sup>3</sup>, диоксида азота – 2,4656 мг/м<sup>3</sup> на расстоянии 11,7 м от источника выброса. Значения приземных концентраций загрязняющих веществ больше максимально разовых предельно допустимых концентраций, поэтому необходимо выбрать оптимальное, эффективное устройство очистки отходящего воздуха, чтобы избежать загрязнения окружающей среды.

Проанализированы основные типы пылеулавливающих устройств и области их применения (циклоны, скрубберы, тканевые фильтры, электрофильтры), обоснован выбор предлагаемого метода очистки загрязненного воздуха. Предложено заменить общеобменную вентиляцию на рассматриваемом участке на малогабаритную гибкую систему местной вытяжной вентиляции и очищать отходящую газо-пылевоздушную смесь с помощью электрофильтра. Предлагается использовать консольно-поворотное устройство, гибкая конструкция которого дает возможность перемещать воздухоприемную воронку вдоль свариваемого изделия в радиусе от 3 до 8 м. Для очистки вредных газов, улавливаемых местной вентиляционной установкой, предлагается применить электростатический фильтр типа ЭФВА 1-01. Проведен расчет степени очистки воздуха электрофильтром (98 %). Выполнен подбор вспомогательного оборудования для электрофильтра: вентилятора и системы воздуховодов.

Таким образом, замена малоэффективной и неэкономичной системы общеобменной вентиляции на малогабаритную, гибкую систему местной вытяжной вентиляции в сочетании с электрофильтром обеспечит необходимую степень очистки удаляемого воздуха от вредных веществ перед выбросом его в атмосферу [5, 6].

#### Литература

1. Ермолаева В.А., Сидорова Д. С. Оценка воздействия станции обезжелезивания питьевой воды на окружающую среду // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, № 2, 2013. – С. 17-21.
2. Ермолаева В.А. Вопросы экологической безопасности технологического процесса приготовления медицинских масс и мазей // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, № 2, 2011. – С. 9-13.
3. Технические нормативы [www.norm-load.ru](http://www.norm-load.ru)
4. Нормативные документы [www.stroyplan.ru](http://www.stroyplan.ru)
5. Шарапов Р.В. Переход от технических к природно-техническим системам // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012, № 2. – С.43-46.
6. Соловьев Л.П. Состояние системы мониторинга эколого-экономических систем // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013, № 1. – С.15-19.

### **Методика оценки качества среды обитания и ее отдельных компонентов на основе учета мнения населения**

Для принятия эффективных управленческих решений в любой сфере человеческого общества необходим учет мнения граждан, занятых деятельностью в этой сфере или являющихся объектом воздействия данной сферы. Поддержание (Обеспечение) безопасности в искусственных экосистемах также должно быть ориентировано как на соблюдение природоохранного законодательства, так и на (Обеспечение) удовлетворение прав населения на благоприятную среду обитания. Цель данной работы заключалась в разработке и апробации методики учета результатов социологического исследования мнения населения в формировании обобщенной итоговой оценки качества отдельных компонентов городской среды обитания и среды обитания в целом на примере г. Таганрога – среднего промышленного города Южного Федерального округа РФ.

Экологическая ситуация в г. Таганроге за период 2008-2012 гг. характеризовалась следующими особенностями:

- 1) относительно высоким уровнем загрязнения воздуха ( $ИЗА_5 > 6$ ),
- 2) низким качеством воды поверхностных источников питьевого водоснабжения, обусловленным химическим и микробиологическим загрязнением,
- 3) загрязнением почвенного покрова тяжелыми металлами и др. загрязняющими веществами,
- 4) наличием мусора на городских улицах и отсутствием переработки твердых бытовых отходов,
- 5) присутствием химических и биологических загрязнителей в рекреационном водоеме (Таганрогском заливе Азовского моря),
- 6) неудовлетворительным состоянием береговой полосы и пляжей. При этом основной вклад в загрязнение воздуха (свыше 70%) был обусловлен выбросами передвижных источников (автотранспорта), а наличие мусора на городских улицах – преимущественно неэкологичным поведением горожан.

По мнению специалистов ФГУ «Комитет по охране природы г. Таганрога», ФГУЗ «Центр эпидемиологии и гигиены в г. Таганроге», ФГУ «Азовморинформцентр», качество окружающей среды города не является высоким и требует проведения мероприятий по его улучшению.

Для изучения мнения таганрожцев о качестве отдельных компонентов городской среды обитания был использован метод анкетирования. Разработка анкеты, анкетирование и обработка его результатов были осуществлены с соблюдением общепринятых правил [1]. Социологическое исследование проводилось с 20 февраля по 7 апреля 2012 г., в нем приняло участие 79 человек. Характеристики выборки [2]: а) по полу – мужчин было 25,4 %, женщин 74,6 %; б) по возрасту – лица в возрасте моложе 20 лет составляли 33,7%; от 21 до 30 лет – 36,4 0%; от 31 до 45 лет – 23,3 0%; от 46 до 60 лет – 6,6%; в) по социальному статусу – рабочие (11,4 %), служащие (11,5 0 %), студенты (54,4 %), безработные (22,7 %), г) по семейному положению – одинокие люди (41,5 %), семьи из двух человек без детей (16,8 %), семьи с 1-2 детьми (37,6 %), семьи с 3 и более детьми (1,2%), лица, состоящие в незарегистрированном браке (2,9 %); д) по среднемесячному доходу на 1 чел. – менее 1,5 тыс. руб. (10,2 %), от 1,5 до 3 тыс. руб. (17,9 %), от 3 до 5 тыс. руб. (29,4 %), свыше 5 тыс. руб. (42,5 %); е) по образованию – высшее образование имеют 29,8 % опрошенных, неоконченное высшее (62,3 %), среднее (6,6 %), неоконченное среднее (1,3%).

Используемый в настоящее время метод экспертной оценки [3] достаточно трудоемок, и в случае величины коэффициента конкордации, близкой к нулю и свидетельствующей о возможном полном разногласии мнений экспертов, далее проводят кластерный или

комбинированный анализ для выявления наличия групп с согласованными, но противоположными мнениями. Это, в свою очередь, еще более удлинит и усложнит известную процедуру и делает ее невозможной для обработки результатов социологического исследования мнения больших количеств людей. Поэтому для получения обобщенного итогового результата анкетирования относительно качества отдельных компонентов городской экосистемы, был рассчитан комплексный показатель качества  $K$  как средневзвешенное арифметическое [3]:

$$K = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i, \quad (1)$$

где  $w_i$  – весовой коэффициент балла в долях единицы по результатам анкетирования;  
 $x_i$  – балл оценки качества (от 1 до 5 по 5-балльной шкале).

Анализ результатов анкетирования показал, что экологическое состояние компонентов окружающей среды г. Таганрога население оценивает невысоко[1]. Так, качество воздуха 4 % опрошенных оценило в 1 балл, 19% – в 2 балла, 48% – в 3 балла, 28% – в 4 балла, и только 1 % поставил ему высокую оценку 5 баллов. Комплексный показатель качества  $K_{\text{воздух}}$  оказался равным 3,03 балла. Аналогичную низкую оценку получила водопроводная питьевая вода: 1 балл выставили 53% анкетированных, 2 балла – 23%, 3 балла – 18%, 4 балла – 5%, 5 баллов – 1%, а комплексный показатель ее качества  $K_{\text{пит.вода}}$  составил 1,78 балла. О качестве воды в Таганрогском заливе были высказаны следующие мнения: 1 балл – 66%, 2 балла – 23%, 3 балла – 7%, 4 балла – 4%, 5 баллов – 0%. Для нее  $K_{\text{Таг.залив}} = 1,49$ . Относительно качества городских почв были получены такие оценки: 1 балл – 6%, 2 балла – 10%, 3 балла – 53%, 4 балла – 29%, 5 баллов – 4%.  $K_{\text{почва}} = 3,21$ . Уровень шума на улицах респонденты охарактеризовали так: 1 балл – 5%, 2 балла – 14%, 3 балла – 43%, 4 балла – 4%, 5 баллов – 34%.  $K_{\text{шум}} = 2,48$ .

Ранее было изучено влияние отдельных составляющих на качество урбоэкосистемы г. Таганрога с помощью диаграммы Парето [4], согласно которой вклад загрязнения атмосферного воздуха составляет 39,7 % ( $w_1 = 0,40$ ), загрязнения питьевой воды – 33,5 % ( $w_2 = 0,34$ ), шумового загрязнения – 14,7 % ( $w_3 = 0,15$ ), загрязнения почв –  $w_4 = 0,11$ . Используя величины комплексных показателей качества воздуха, питьевой воды, почв и шумового загрязнения и значения вкладов каждого из них в качество урбоэкосистемы в целом, по формуле 1 был рассчитан комплексный показатель качества городской среды обитания. Он оказался равным 2,54 (т.е. 50,8% от 5 баллов), что свидетельствует о низком качестве среды в целом.

Таким образом, предложенная методика позволяет учитывать мнение населения относительно качества отдельных компонентов городской среды обитания и среды обитания в целом, выражать его в виде обобщенной итоговой оценки в баллах и использовать при разработке управленческих решений по улучшению и поддержанию качества окружающей среды населенных пунктов. По своему характеру она является достаточно простой и более удобной по сравнению с известными методами обработки мнений экспертов. Согласно полученным результатам, для г. Таганрога приоритетными направлениями повышения качества городской среды обитания являются мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнения ( $w_i \cdot x_i = 1,212$ ) и более тщательная очистка питьевой воды ( $w_i \cdot x_i = 0,605$ ) перед ее подачей в городскую распределительную водопроводную сеть.

#### Литература

1. Ядов В.А. Стратегия социологического исследования. Описание, объяснение, понимание социальной реальной реальности. – М.: Добросвет, 2003. – 596 с.
2. Ильченко И.А. Экологическое сознание и поведение населения как компоненты устойчивого развития муниципального образования (на примере г. Таганрога) // Вестник Северо-Кавказского гуманитарного института. 2012. №2(2). – С. 160-168.
3. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление качеством. – М.: Высшая школа, 2003. – 334 с.



4. Ильченко И.А. Комплексная оценка безопасности городской среды обитания // Безопасность жизнедеятельности: наука, образование, практика: Материалы II Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием. – Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2012. – С.69-71.

### Анализ устойчивости модифицированного крахмала во времени

Модифицированные крахмалы находят широкое применение в современной жизни. Крахмал относится к природным полимерам общей формулы  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . В обычных условиях представляет собой порошок белого цвета, без вкуса и запаха, плохо растворим в холодной воде. В горячей воде образует вязкие коллоидные растворы (клейстеры). Отсутствие способности к холодному растворению значительно затрудняет промышленное применение нативного крахмала как загустителя. Отдельные отрасли промышленности широко используют загустители, например, пищевая промышленность для получения паст ([1]), фармацевтическая – для таблетирования лекарственных средств ([2]). Для получения клейстеров при более низких температурах, близких к комнатным и менее, а также придания крахмальным растворам требуемых свойств по вязкости, крахмал подвергают механической и химической обработке различными реагентами. Модификации подвергают картофельный и кукурузный крахмал, рисовый, пшеничный, крахмал амаранта и другие. Широкое распространение получили крахмалы, этерифицированные монохлоруксусной кислотой или её натриевой солью в присутствии гидроксида щелочного металла в среде алифатических спиртов. Модифицированный таким способом крахмал (карбоксиметилкрахмал) хорошо растворяется в холодной воде с образованием пространственной структуры, в результате чего его растворы приобретают требуемые реологические свойства. Загущенные карбоксиметилированным крахмалом печатные краски обеспечивают хорошее качество нанесения на бумагу и ткани, хорошую сохранность печати во времени и по отношению к истиранию и потере цвета при стирке или замачивании изделия. В ОАО «МПЗ» в течение нескольких лет отработывалась технология получения карбоксиметилированного крахмала для текстильной печати. В результате работы получен патент на получение карбоксиметилкрахмала группой авторов. Проведены работы по исследованию образцов в НИИ текстильной печати и на предприятиях текстильной отрасли. Сработано 10 тонн карбоксиметилкрахмала на Карабановском текстильном комбинате.

Одной из особенностей крахмала и крахмал содержащих продуктов является их чувствительность к микробному загрязнению (биodeградация), что затрудняет их техническое применение и сокращает сроки хранения как готового продукта, так и растворов на его основе. Поэтому биостойкость модифицированных крахмалов имеет большое практическое значение. Карбоксиметилкрахмал, получаемый на ОАО «МПЗ» в качестве консерванта содержит метацид (полигексаметиленгуанидин гидрохлорид). Целью данной работы является проверка устойчивости во времени карбоксиметилкрахмала, стабилизированного относительно микробного загрязнения метацидом. Проверка проводилась по параметрам, установленным ТУ 9187-029-00334735 -97. Результаты приведен в таблице 1.

Таблица 1

Определяемые показатели	Год испытаний 2003	Год испытаний 2013
Массовая доля влаги и летучих, %	14,73	16,81
pH	6,6	6,8
Степень замещения, %	0,15	0,15
Вязкость, сСт	736,8	743,2
Растворимость	Полная	полная

Из результатов анализа следует, что показатели качества практически не изменились. Клейстер густой, вязкий, однородный, обладает хорошими клеящими свойствами. Следовательно, использование метацида в качестве консерванта в модифицированных

крахмалах обеспечивает бактерицидную устойчивость и сохранность их свойств в течение не менее 10 лет хранения.

#### Литература

1. Гаппаров М.М., Сотникова Е.В. Крахмалы – профилактическое и лечебное питание // Тр.ХI Международной конференции по крахмалу. – М.2003. – с. 55.
2. Андреев П.В. Применение модифицированных крахмалов в химико-фармацевтической промышленности //Тр.ХI Международной конференции по крахмалу. – М.2003. – с. 167.

### О возможности применения резонансных поглотителей в городской среде

Для снижения городского шума могут использоваться инженерные шумозащитные решения в виде шумопоглощающих и шумоотражающих экранов и резонансных поглотителей [1].

Шумозащитные экранизирующие сооружения – экраны различного конструктивного исполнения, могут монтироваться как отдельно стоящие заборы с несущими колоннами и фундаментом, или как дополнение к уже существующему забору, увеличивающее его высоту [2].

К шумопоглощающим специальным средствам относятся резонансные поглотители, которые подразделяются на мембранные и резонаторные [3]. Мембранные поглотители состоят из хорошо демпфирующего, с большой вязкостью, материала, расположенного под тонким фанерным листом или натянутым холстом (щит Бекеша).

Резонансные поглотители представляют собой систему воздушных резонаторов по типу резонаторов Гельмгольца, в устье которых располагается демпфирующий материал. В зависимости от конструктивных особенностей, например от равномерности распределения отверстий и их формы, изменяется эффективность работы резонансного поглотителя [4].

В рамках данной работы производились исследования эффективности шумопоглощающих свойств резонаторов в лабораторной акустической камере с объемом порядка 1 м<sup>3</sup>. Исследования проводились с использованием резонаторов с изменяющимися размерами основных элементов конструкции, т.е. настроенных на различные доминирующие частоты. Первым этапом проведения измерений было получение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) самой камеры при наличии в рабочем объеме заглушенного объекта, эквивалентного исследуемому резонатору. Затем проводились измерения при наличии резонатора в камере. На третьем этапе исследований сопоставление исходной и полученных характеристик обеспечивало получение требуемого результата в виде относительных АЧХ резонаторов.

Измерения проводились на стандартных частотах (20; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц), рекомендованных действующими методиками измерений [5, 6, 7, 8]. Некоторые результаты исследований представлены на рисунке 1. Из графиков видно, что в зависимости от конструктивных особенностей резонаторов АЧХ могут иметь разный вид. Видно, что снижение уровня шума в некоторых случаях достигает 5 дБ. Имеющееся усиление уровня звукового давления (например, на первом графике – до 4 дБ) может объясняться тем, что исследуемые резонаторы были моногармоничными, т.е. настроенными на одну рабочую частоту, а усиление на другой частоте – побочный эффект.

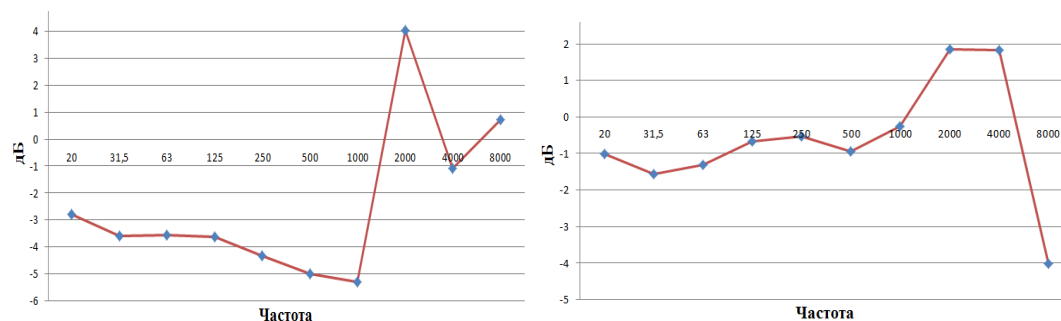
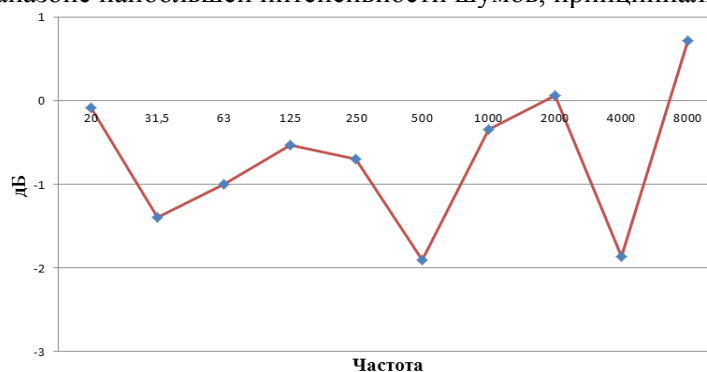


Рис. 1. Относительные характеристики изменения уровня акустического сигнала для различных резонаторов

Устранение этого недостатка можно искать на пути построения полигармоничных резонаторов, что обеспечивается вариациями численных значений основных конструктивных

элементов в пределах одной конструкции. Один из результатов исследований полигармоничных резонаторов показан на рисунке 2, из анализа которого следует, что построение резонатора с достаточно равномерной АЧХ, поглощающего шум либо во всём диапазоне, либо в диапазоне наибольшей интенсивности шумов, принципиально возможно.



**Рис. 2. Уровень акустического сигнала относительно эталонного (полигармонический резонатор)**

Полученные результаты не позволяют говорить о высокой степени эффективности использования резонаторов для снижения уровня шума на городских территориях, хотя получаемое значение снижения уровня звукового давления в 5 дБ нельзя назвать незначительным.

Вместе с тем, следует учесть и «относительный» характер полученных результатов, и несовершенство использованной для измерений акустической камеры, которая не может претендовать на замену профессиональной заглушённой камеры, в которой и проводятся прецизионные количественные измерения. Не относится к классу высокоточных измерительных приборов и использованное электроакустическое оборудование. Да и конструкции резонаторов, выполненных в лабораторных условиях, могут обеспечить только качественный результат исследований.

Таким образом, можно говорить о принципиальной возможности применения поглощающих резонаторов для снижения уровня шума на городских территориях, но наиболее разумным вариантом их применения представляется совмещение с акустическими экранами, например, путём объединения их в единую конструкцию [9,10]. В этом случае защитные функции, выполняемые экраном, будут дополняться поглощением падающей на экран звуковой волны, что обеспечит снижение уровня отражаемого сигнала, т.е. будет способствовать решению задачи защиты урбанизированных территорий от акустошумового загрязнения.

#### Литература

1. Калиниченко М.В. Некоторые аспекты проблемы загрязнения урбанизированных территорий автотранспортом (на примере г. Муром) // Экология и промышленность России. 2012, №12. – С. 54-59.
2. Иванов Н.И., Семенов Н.Г., Тюрина Н.В. Акустические экраны для снижения шума в жилой застройке // Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности». 2012, Апрель №4.
3. Булкин В.В., Беляев В.Е., Сергеев В.Н. Конструкторские расчеты элементов РЭС в условиях механических и акустических воздействий: учеб. пособие. / Под редакцией В.В.Булкина. – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2004. – 131с.
4. Середа С.Н. Оценка экологического риска с помощью нечетких моделей // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013, № 3. – С.15-20.
5. Ермолаева В.А. Мероприятия по снижению шумового загрязнения при проведении технологического процесса нарезки резьбы // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013, № 3. – С.15-20.
6. Калиниченко М.В. Некоторые аспекты применения резонансных поглотителей на урбанизированных территориях // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013, № 4. – С.18-24.

7. Калиниченко М.В. Разработка шумозащитных мероприятий (на примере города Муром) // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012, № 1. – С.19-22.
8. Соловьев Л.П. Совершенствование системы мониторинга селитебных территорий населенных пунктов эколого-экономических систем // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013, № 2. – С.33-35.
9. Заявка на ПМ, № 2013121429/03, E01F8/00. Шумопонижающий экран / Булкин В.В., Калиниченко М.В., Фильков Д.Е., Штыков Е.А. – Приоритет от 07.05.2013.
10. Заявка на ПМ, № 2013121443/03, E01F8/00. Шумопоглотитель / Булкин В.В., Калиниченко М.В. – Приоритет от 07.05.2013.

### **Исследование электродных потенциалов алюминиевых сплавов в условиях потока агрессивной среды с абразивом**

Электродный потенциал является наиболее фундаментальной характеристикой электрохимического состояния границы раздела металл-электролит.

Исследованиям подвергались алюминиевые сплавы Д16, АМг-3 и 01915 в условиях воздействия потока агрессивных сред (раствор 1 -3% р-р NaCl, раствор 2 -3% р-р NaCl + 2,0 г/л H<sub>2</sub>S). Скорости перемещения агрессивных растворов составляли 2, 4 и 8 м/с. Исследования проводились с добавлением в поток абразивных частиц (карбид кремния К-63) в количестве 10 и 20% масс. на экспериментальной установке, конструкция которой и разработанная методика изложены ранее [1,2]. Для сравнения в исследованиях выбрана сталь 45.

Как показали исследования, у стали 45 и у всех алюминиевых сплавов при воздействии агрессивного гидроабразивного потока электродный потенциал сдвигается в область отрицательных значений. При максимальных параметрах ( $V = 8$  м/с и  $K = 20\%$  мас.) сдвиг потенциалов у алюминиевых сплавов достигает от 200 до 500 мВ, а у стали 45 – до 60 мВ.

Сдвиги электродных потенциалов при зачистке обусловлены интенсивным снятием с поверхности исследуемых материалов защитных окисных слоев, увеличением эффективной поверхности и общей ее гетерогенности. Доля участия механического фактора в суммарном процессе разрушения возрастает с увеличением скорости потока и концентрации абразивных частиц. При скорости потока 2 м/с и концентрации абразива 0 и 10% процесс разрушения поверхности образца происходит, в основном, за счет коррозионного фактора. При концентрации абразива 20% процесс разрушения начинает переходить в коррозионно-механический с равнозначным влиянием разрушающих факторов, кроме сплава 01915, у которого уже в этих условиях сдвиг потенциала достигает 150 мВ и начинается процесс интенсивного разрушения окисной пленки с преобладанием механического фактора.

С увеличением скорости потока от 4 м/с и выше при всех концентрациях абразива доля влияния коррозионного фактора значительно снижается. Процесс разрушения полностью переходит в коррозионно-механический с преобладанием гидроабразивного изнашивания.

На рисунке 1 представлена кинетическая зависимость влияния скорости потока агрессивных растворов при концентрации абразивных частиц 20% мас. на изменение электродного потенциала сплава Д16. На участке значений  $\tau$  (мин.) от 0 до 60 в покоящемся электролите  $\varphi_{ст}$  сплава устанавливается довольно быстро в обоих растворах и уже от 20 до 60 мин его изменения не превышают 1,5 мВ. Значение  $\tau = 60$  мин соответствует началу зачистки поверхности образца (включено вращение суспензии). Резкие сдвиги электродного потенциала для сплава Д16 начинаются при скорости потока 4 м/с (раствор-1) и 8 м/с (раствор-1 и 2) при  $K = 20\%$ . При  $K = 10\%$  значительные сдвиги электродного потенциала начинается при скоростях выше 4 м/с.

В начальный момент при включении вращения мешалки потенциал резко сдвигается в отрицательную область значений, а затем происходит некоторый спад и выход на установившееся значение потенциала зачистки ( $\varphi_z$ ). Резкий сдвиг связан с резким повышением эффективной площади рабочего электрода при нарушении сплошности защитных слоев. Это особенно характерно для алюминиевых сплавов, коррозионную стойкость которых в значительной степени определяют окисные пленки и в меньшей степени резкий сдвиг электродного потенциала при зачистке характерен для углеродистой стали, роль окисных пленок которых не велика при оценке коррозионной стойкости.

Качественная картина изменения электродного потенциала во времени с изменением концентрации абразивных частиц не меняется. Увеличение концентрации абразивных частиц при всех скоростях потоков значительно интенсифицирует процесс механического обновления реакционной поверхности. И повышает абсолютную величину сдвига электродного потенциала. От резкого первоначального сдвига электродный потенциал при зачистке при всех

параметрах испытаний еще продолжает сдвигаться в область отрицательных значений. Этот период составляет от 5 до 10 минут. В дальнейшем резкие колебания электродного потенциала исчезают и в течение 40-50 минут его значения приобретают устоявшийся характер. После первых 15-20 минут с момента начала зачистки зависимость  $\varphi = f(\tau)$  переходит практически в прямую линию (рис. 1). В данный момент даже незначительное увеличение скорости потока вызывает резкие скачки электродного потенциала.

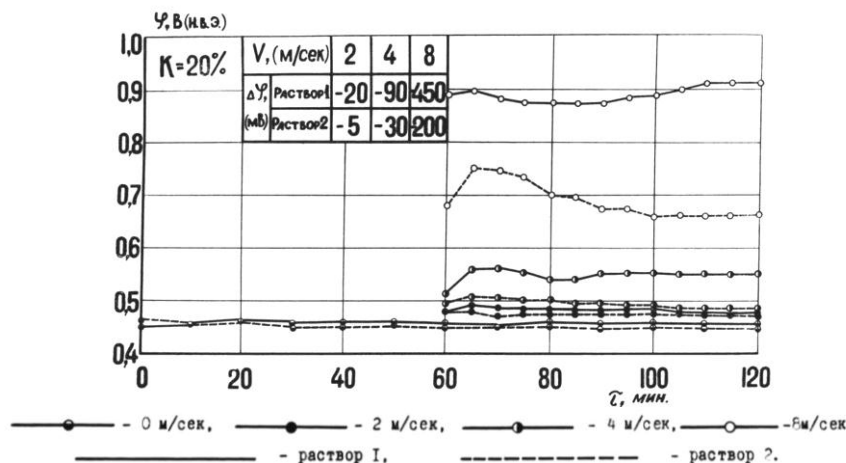


Рис. 1. Влияние скорости потока электролита на изменение электродного потенциала сплава Д16

Это связано с тем, что увеличение или уменьшение скорости потока изменяет величину нормального давления на зерна абразивных частиц и частоту их соударений с поверхностью образца, что изменяет ее эффективную составляющую. Для алюминиевых сплавов резкое прекращение перемешивания суспензии приводит практически к мгновенному смещению электродного потенциала к стационарному значению, что свидетельствует о хорошей воспроизводимости защитных пленок.

Из рис. 1 очевидно пассивирующее воздействие сероводорода на алюминиевый сплав Д16. С добавлением в раствор хлористого натрия сероводорода у сплава Д16 снижается величина сдвигов электродного потенциала при зачистке и токов коррозии в 3÷4 раза, а плотность токов коррозии в 1,5-2 раза. Сероводород оказывает торможение катодной реакции ионизации кислорода.

Профилограммы и фрактограммы поверхности алюминиевого сплава Д16, полученные на электронном микроскопе, после испытаний в потоке растворов 1 и 2 при концентрации абразивных частиц 20% масс. показали, что добавление в раствор сероводорода приводит к снижению склонности к питтингообразованию (заметно при небольших скоростях) и к уменьшению степени шероховатости поверхности рабочего электрода.

Очевидно предположение, что воздействие механического фактора будет в большей степени влиять на электродный потенциал металла, который находится в растворе в пассивном состоянии, и что полная активация образца может быть обусловлена отсутствием каких-либо ионов, ответственных за пассивность. В активной области сдвиг потенциала менее интенсивен в силу несовершенства защитного слоя, как это наблюдается для стали 45. Величину сдвига электродного потенциала можно рассматривать для каждого конкретного случая как критерий оценки сплошности защитной окисной пленки на металле, характеризующейся состоянием поверхности при коррозионно-механическом разрушении. Данный критерий способен учитывать как физико-химические характеристики металла, так и химический состав раствора.

#### Литература

1. Саакян Л. С., Лукьяница А. И., Ключков В. И. Установка для исследований электрохимического поведения металлов в потоке электролита с абразивом. – ГНТС, Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности, 1978. №2. – С. 27-29.
2. Ключков В. И. Приборы и методы исследования коррозии в потоке агрессивной среды // Сборник научных трудов НИ РХТУ им. Д. И. Менделеева. Серия «Инженерная механика, материаловедение и надежность оборудования». Новомосковск, 2004. Вып. № 5(13). – С. 23-29.



### Магнитотерапия в сфере диспетчеризации

Научно доказана возможность стимуляции работоспособности человека электромагнитным излучением определенной частоты. Проблема снижения работоспособности приобретает особое значение исходя из все более нарастающих требований к человеку, как оператору, принимающему ответственные решения, например профессия авиадиспетчера. В силу чего становится актуальной задача активизации работы организма (повышение работоспособности) человека.

Оптимальным вариантом достижения и поддержания рабочего состояния организма в целом является последовательное использование спектра частот, т.е. воздействие на человека магнитотерапевтическим излучением определенной частоты в заданный промежуток времени, после чего частота излучения может снижаться или повышаться в заданных рамках.

Выше приведенное утверждение доказывает эксперимент, проведенный с использованием прибора, терапевтическое воздействие которого производится при помощи переменного магнитного поля, излучаемого на частотах, соответствующих альфа-, бета-, и тета -ритмах головного мозга человека.

В эксперименте принимали участие 14 человек. В ходе эксперимента изучалось внимание людей по методике «Кольца Ландольта». В начале, испытуемые разделились на 2 группы по 7 человек. Первая группа 5 минут тестировалась по бланкам «Кольца Ландольта», после чего полученные результаты фиксировались, для использования их в дальнейших расчетах. На вторую группу испытуемых 5 минут осуществлялось воздействие магнитотерапевтическим прибором, далее испытуемые проходили тестирование с помощью бланков «Кольца Ландольта» и затем полученные результаты фиксировались, для использования их в дальнейших расчетах. Но, электромагнитное излучение не снималось во время проведения теста, т.е. суммарное воздействие магнитотерапевтическим полем на вторую группу продолжалось 10 минут (5 минут перед тестом и 5 минут во время теста), тогда как на первую группу магнитотерапевтическим полем не воздействовали вовсе.

По данным, полученным в ходе эксперимента стало возможным рассчитать объем зрительной информации, обработанной испытуемым без воздействия на него прибором  $V_{б.п.}$  и скорость переработки зрительной информации испытуемым без воздействия на него прибором  $Q_{б.п.}$  по формулам 1 и 2.

$$V_{б.п.} = 0,5936 * N \quad (1)$$

$$Q_{б.п.} = V - 2,807(P+O)/t \quad (2)$$

Обобщив, можно получить:  $V_{б.п.общ.} = 487$ ,  $Q_{б.п.общ.} = 1,43$ .

Так же можно рассчитать объем зрительной информации, обработанной испытуемым при воздействии на него прибором  $V_{с.п.}$  и скорость переработки зрительной информации испытуемым, при воздействии на него прибором  $Q_{с.п.}$  по формулам 1 и 2.

Обобщив, можно получить:  $V_{с.п.общ.} = 649,6$ ,  $Q_{с.п.} = 1,55$ .

Для взрослых нормой скорости переработки информации считается  $Q=1.6 \pm 0.16$ .

Можно сделать вывод по итогам проведенных экспериментов о том, что испытуемые, подвергающиеся магнитотерапевтическому воздействию, испытывали меньшее утомление, чем испытуемые, которые не подвергались такому излучению.

### Формирование структуры газотермического металло-полимерного покрытия

В комбинированном металлизационно-полимерном покрытии высокие адгезионно-механические характеристики газотермического подслоя дополняются непроницаемостью и химической инертностью полимерного компонента.

Для целенаправленного конструирования объемно-пространственной структуры наружной части газотермического подслоя в соответствии с реологическими характеристиками конкретного полимерного материала было предложено совместное напыление порошка подслоя (металл или керамика) с дополнительным компонентом – порообразователем (различные соли).

Образование развитой искусственной пористости газотермического подслоя с характерными размерами каналов 40-80 мкм осуществлялось в три стадии. На первой стадии конструкционный материал подслоя напылялся отдельно на толщину 0,1-0,3 мм, а затем (вторая стадия) совместно с относительно нетермоустойчивым порообразователем. На третьей стадии порообразователь, достигший подложки, растворялся, оставляя макропустоты в основном материале газотермического подслоя.

Были исследованы две схемы напыления механической смеси конструкционного порошка (металл или оксид фракции 40-120 мкм) и порообразователя (соль фракции 60-120 мкм). При напылении готовой смеси только из дозатора 2 (рис. 1) не удалось получить стабильных результатов как из-за расслоения механической смеси порошков в дозаторе вследствие гравитационного рассева, так и из-за существенного разложения порообразователя при подаче смеси на срез плазмотрона.

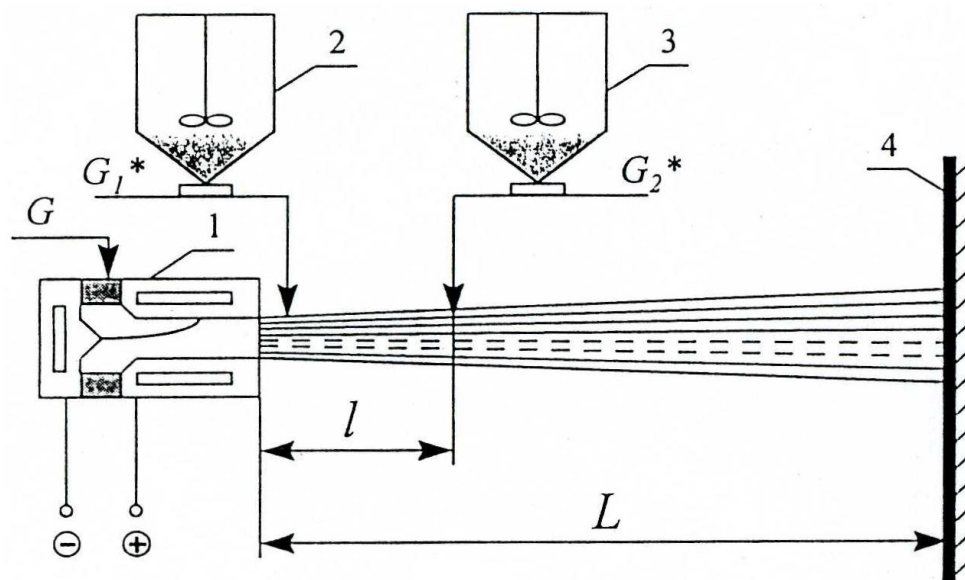


Рис. 1. Принципиальная схема напыления подслоя с искусственной пористостью:  
1 – плазмотрон-распылитель, 2 – основной дозатор, 3 – дополнительный дозатор,  
4 – основа с газотермическим подслоем

При раздельном введении тугоплавкого (дозатор 2) и нетермоустойчивого (дозатор 3) порошков в различные сечения плазменного потока появляется принципиальная возможность оптимизации индивидуального теплового режима для каждой из конденсированных компонент.

Экспериментальное моделирование напыления подслоя осуществлялось на установке с мощностью плазмотрона-распылителя до 20 кВт и диаметром сопла 4,5 мм.

В качестве материалов использовались порошки металлидов (никель-алюминий типа ПН85Ю15) и поваренная соль.

Координата сечения ввода порообразователя определялась из соотношения текущей среднемассовой температуры газа-энергоносителя и теплофизических свойств порообразователя.

Определение координаты ввода порообразователя, по-видимому, целесообразно начать с сечения, имеющего температуру газа на уровне удвоенной термостойкости порообразователя, т.е. не ближе 60-80 мм от среза сопла плазменного распылителя.

Экспериментальная подача через керамический зонд диаметром 3 мм модельного порообразователя (хлористый натрий фракции 120 мкм) на расстоянии 60 мм от среза сопла оказалась неэффективной из-за низкого коэффициента сохранения материала (не более 12-20%). Для фиксированном дистанции до мишени ( $L=140$  мм) удовлетворительные результаты были получены при  $l = 90-120$  мм.

При экспериментальной отработке процесса формирования подслоя, была реализована открытая пористость в диапазоне 15-44%. При химическом вымывании соли водным раствором с ингибиторами коррозии (при 60°C в течении 30 мин). Максимально открытая пористость была зафиксирована при объемном соотношении конструкционный порошок-порообразователь 1:1,2.

В результате сравнительного исследования образцов с комбинированными и чисто полимерными (эпоксидная смола, пентапласт, фторопласт) покрытиями показали повышенную стабильность полимерной части покрытия (но индикации отслоения пленки полимера с открытым торцом) в модельных диффузионно-активных средах и, в частности, при кипячении в паровом конденсате.

### Критерии достоверности в нечетких моделях оценки безопасности процессов и систем

Нечеткие модели широко применяются при оценке безопасности и потенциального экологического риска различных процессов и систем в рамках методики вероятностного анализа безопасности [1,2], согласно которой создается модель дерева происшествий, отображающая причинно-следственные связи между происшествием и исходными предпосылками его возникновения. Это позволяет учесть особенности технологии, надежность оборудования, условия среды и человеческие факторы, модели которых в основном имеют вероятностное описание. При практическом анализе безопасности для вновь проектируемых объектов часто трудно определить значения вероятностей предпосылок из-за отсутствия теоретических моделей оценки априорных вероятностей или недостатка статистических данных. Кроме того, они могут описываться интервальными величинами, или лингвистически, качественно характеризуя причины аварийности.

Согласно теории нечетких множеств вероятности предпосылок - причин возникновения событий представляются нечеткими величинами вида  $p=(m; \alpha; \beta)$ , где  $\alpha, \beta$  - коэффициенты размаха нечеткой величины относительно ее модального значения  $m$ , функция принадлежности  $\mu(p)$  которой является непрерывной, выпуклой, унимодальной функцией, для описания которой применяется LR-аппроксимация. В качестве аппроксимирующей функции часто применяют треугольную функцию. Значения коэффициентов размаха  $\alpha, \beta$  определяются гипотетически из условия, что вероятность появления нечеткой величины, отклоняющейся от модального значения более чем на 50%, не превысит некоторого заданного уровня значимости, например, 10%.

Критерием достоверности оценки безопасности с использованием нечетких моделей может быть показатель интервала задания нечеткой величины  $[m-\alpha, m+\beta]$ , в котором заключено значение вероятности происшествия. При этом операции над нечеткими вероятностями согласно структуре модели дерева происшествий приводят к изменению интервала определения нечетко заданной вероятности происшествия  $Q(X)$ . Так увеличение коэффициентов размаха приводит к росту неопределенности значения вероятности и соответственно к снижению степени достоверности оценки. Результаты моделирования [3] показывают, что при определенных условиях может оказаться, что вероятность появления случайной нечеткой величины, отклоняющейся от модального значения более чем на 50%, характеризующей головное событие, превысит 50%, делая тем самым модельную оценку абсолютно недостоверной.

С целью повышения достоверности оценки для снижения ширины интервала неопределенности нечетких величин можно дать следующие рекомендации: для исходных предпосылок использовать более точное задание интервала  $[m-\alpha, m+\beta]$ , например, по уровню значимости 1%; использовать для описания функций принадлежности вместо треугольной функции, аппроксимацию в виде экспоненциальной функции или функции Гаусса.

#### Литература

1. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. – М.: Академия, 2003. – 512с.
2. Перездчиков И.В. Анализ опасностей промышленных систем человек-машина-среда и основы защиты: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2011. – 784с.
3. Серeda С.Н. Оценка экологического риска с помощью нечетких моделей // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2013. №3(17) – с. 15-20.

### Анализ современного состояния откосов уступов и бортов карьера «Эльдорадо»

Рассматриваются вопросы, связанные с оценкой устойчивости северо-восточного и юго-западного бортов карьера «Эльдорадо», анализ фактического состояния откосов уступов и бортов карьера с оценкой их устойчивости по методике [1-3], расчет параметров устойчивых откосов отвалов, уступов и бортов карьера.

Прогнозирование и предупреждение деформаций откосов на карьере невозможно без анализа их состояния на текущий период в зависимости от изменяющейся горно-геологической обстановки, а также поведения и состояния пород прибортового массива при их подрезке рабочими уступами. С этой целью было выполнено обследование состояния откосов уступа и бортов карьера (рис.1 - 2).



Рис.1. Уступ северо-восточного борта карьера



Рис.2. Уступ юго-западного борта карьера.

В результате обследования уступов удалось выявить следующее. Откосы уступов северо-восточного (висячего) борта карьера на всех горизонтах высотой 20-30м с углом наклона 45°-60°, формируется вкрест сланцеватости по трещинам отдельности. Деформации имеют вид мелкоблочных вывалов, вследствие чего откосы уступов не формируются в однозначную плоскость (рис 1). Высота северо-восточного борта карьера изменяется от 50 до 90м, угол откоса борта от 32° до 45°. Критичные деформации отсутствуют. Расчеты по фактическим профилям 5-ти разрезов дают коэффициент запаса устойчивости  $n > 1,3$ .

Откосы уступов в юго-западном (лежащем) борту карьера формируются по крутопадающей сланцеватости. Деформации уступов происходят по сочетанию трещин отдельностей и пересекающих пологих трещин в виде вывалов, представляющих собой клин или блок на всю высоту уступа (рис. 2). Высота юго-западного борта карьера изменяется в пределах от 90 до 120м, углов откоса борта от 37 до 46. Критические деформации отсутствуют. Расчеты дают коэффициент запаса устойчивости  $n > 1,3$ .

По результатам анализа и расчетов устойчивости реальных откосов уступов и бортов карьера делаются следующие выводы:

1. На верхних горизонтах промоины, оплывины и оползневые явления не наблюдаются.
2. Уступы расположенные в разновидностях сланца высотой  $h=20-30$ м при сложившихся углах их откосов  $\alpha$  от 47° до 63° на существующем контуре подвержены процессам осыпобразования и незначительным локальным деформациям по плоскостям ослаблений. В целом состояние этих уступов соответствует предъявляемым требованиям по технической эксплуатации.

3. Сформированные в настоящее время рабочие борта карьера с углами откосов  $\alpha$  от 32° до 46° и высотой от 50м до 120м находятся в устойчивом состоянии.

4. Конструкция нерабочих бортов карьера и их устойчивость зависит от физико-механических свойств в прибортовом массиве и систем трещин различного генезиса: по слоистости, тектоническим трещинам и отдельностям, поэтому нами карьерное поле разбито на два участка (северо-восточный, юго-западный), отличающихся системами влияния трещин на устойчивость откосов. Для них построены решетки трещиноватости. Следует отметить на выделенных участках сравнительно однородную пространственную ориентацию трещин и зон интенсивного рассланцевания и дробления пород.

5. Разломная тектоника месторождения характеризуется многообразием форм проявления. Разнообразна, прежде всего, ориентировка разломов, хотя преобладают северо-западные продольные нарушения. Плоскости разломов в основном крутые и вертикальные и их падение как в массив слагающий борта карьера, так и в сторону выработанного пространства. Продольные нарушения (Ольгинское, Сухоложинское) из-за большого расстояния от контура карьера, не будут оказывать влияние на устойчивость бортов карьера. Диагональные нарушения (Раздельное, Актоликское) и связанная с ними трещиноватость при подходе северо-восточного борта на предельный контур в районе их выходов в карьерное пространство, могут спровоцировать нарушение устойчивости уступов, как в самих зонах нарушений (мощностью 50-120м), так и в виде призм оползания ограниченной ими.

#### Литература

1. Попов В.Н., Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л. Управление устойчивостью карьерных откосов. Учебник для вузов. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2008. – 683 с.
2. Шпаков, Ю.Л.Юнаков, М.В. Шпакова. Расчет устойчивости карьерных откосов по программе stability analysis // Горный информационно-аналитический бюллетень. Mining informational and analytical bulletin. №8/2011. – с. 56-63
3. Шпаков П.С. Способ расчета устойчивости карьерных откосов для сложноструктурных месторождений./ Шпаков П.С., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б., Долгонос В.Н.,Шпакова М.В. //Горный информационно-аналитический бюлле-тень.Москва, МГГУ, ГИАБ, 11, 2008. – С.221225.

### Расчет устойчивости откосов уступов и бортов карьера «Эльдорадо»

Обоснование расчетных характеристик физико механических свойств и расчет устойчивости проводился по методике [1,2].

В результате решения задачи по выбранной методике нами получены расчетные характеристики пород (расчетные и предельные), коэффициент запаса устойчивости и геометрические элементы, необходимые для построения поверхности скольжения соответствующие предельному равновесию при полученном  $n$ , которые приведены в отчетах, в качестве примера показан фрагмент расчета по разведочной линии 34.

ОДНОРОДНЫЙ ОТКОС, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ПРОФЕССОРА ШПАКОВА П.С.  
 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ РЕАЛЬНОГО БОРТА  
 КАРЬЕРА ЮГО ЗАПАДНОГО БОРТА КАРЬЕРА

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

УГОЛ ОТКОСА  $\beta=42,5^\circ$ ; УГОЛ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ МАССИВА  $\epsilon=25,7^\circ$ ; СЦЕПЛЕНИЕ  $C=41,8 \text{ т/м}^2$ ; ПЛОТНОСТЬ ПОРОД МАССИВА  $\gamma=2,8 \text{ т/м}^3$ ; ЗАДАННАЯ ВЫСОТА ОТКОСА  $H=170,0 \text{ м}$ .

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

ПРЕДЕЛЬНАЯ ВЫСОТА  $H = 170,0 \text{ м}$ ; ПРЕДЕЛЬНЫЙ УГОЛ ОТКОСА  $\beta = 42,5^\circ$ ; ВЫСОТА ОТРЫВА  $H_{90} = 30,3 \text{ м}$ ; ШИРИНА ПРИЗМЫ ОБРУШЕНИЯ  $B = 48,6 \text{ м}$ ; РАДИУС ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ  $R = 338,5 \text{ м}$ ; ЧИСЛО ИТЕРАЦИЙ  $K_2 = 6$ ; ОТКОС ПРИВЕДЕН В ПРЕДЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИ ЧИСЛЕ ИТЕРАЦИЙ  $K_2 = 6$ ; КОЭФ.ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ ПО  $C \ n = 1,3859$ ; КОЭФ.ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ ПО  $\epsilon \ n = 1,3859$ ;  $\beta = 42,5^\circ$ ;  $H_{90} = 30,3 \text{ м}$ ; БЕРМА  $= 48,6 \text{ м}$ ;  $H = 170,0 \text{ м}$ ;  $\gamma = 2,8 \text{ т/м}^3$ ;  $C = 41,8 \text{ т/м}^2$   $\epsilon = 25,7^\circ$ .

Результаты расчетов устойчивости бортов карьера (предельные параметры) для всех разведочных линий приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Результаты расчетов устойчивости бортов карьера (предельные параметры)**

Номер профиля	Борт карьера	Сцепление $K, \text{ т/м}^2$	Угол внутреннего трения $\epsilon, \text{ град}$	Угол откоса $\beta, \text{ град}$	Высота откоса $H, \text{ м}$	Коэф. запаса устойчивости $n$	Ширина призмы возможного обрушения, $\text{ м}$
1	2	3	4	5	6	7	8
11,5	Юго-западный	41,8	25,7	41,6	220	1,25	56,9
	Северо-восточный	47,1	25	45,8	190	1,30	52,8
14	Юго-западный	41,8	25,7	44,6	220	1,19	54,6
	Северо-восточный	41,1	25	48	198	1,15	49,7
15	Юго-западный	41,8	25,7	40,6	220	1,27	57,7
	Северо-восточный	41,1	25	47,6	200	1,15	50,2
19,5	Юго-западный	41,8	25,7	44,2	213	1,21	53,9
	Северо-восточный	47,1	25	47,6	195	1,24	52,4
21	Юго-западный	47,8	25,7	43,9	205	1,32	56,1
	Северо-восточный	47,1	25	47,3	180	1,3	50,2
25	Юго-западный	22,7	24	43,5	185	1,37	25,7
	Северо-восточный	22,7	24	55	65	1,34	18,9
30	Юго-западный	41,8	25,7	47,9	190	1,43	55,5
	Северо-восточный	35,5	24	48	100	1,5	31,7
34	Юго-западный	41,8	25,7	42,5	170	1,38	48,5
	Северо-восточный	22,3	24	47	100	1,2	27

### **Расчет параметров откосов нерабочих уступов карьера**

Обследование поверхностей откосов уступов на карьере и анализ их устойчивости показали, что в скальных и полускальных трещиноватых массивах деформации обусловлены сочетанием отдельных систем поверхностей ослаблений естественного происхождения, к которым относятся поверхности сместителей тектонических нарушений, контакты слоистых пород, трещины отдельности большого протяжения.

Совершенно очевидно, что устойчивость прибортового массива определяется устойчивостью отдельных породных откосов, оконтуренных с одной стороны поверхностью откоса, а с другой - одной или несколькими поверхностями ослабления. В зависимости от вида и количества поверхностей ослабления можно выделить несколько расчетных схем [1]. По все схемам проведены расчеты для всего карьера. Минимальная высота откоса составила 24,0 м, максимальная – 177,8 м.

Анализ показал, что откосы уступов с фактической высотой 20 м и углом откоса  $\beta = 60, 75^\circ$  будут устойчивы в различных разновидностях сланца, что и выявлено в результате обследования и съемки откосов бортов карьера. Наименьшая высота уступа получается по схеме при подрезке продольной трещины уступом с углами падения от  $40$  до  $50^\circ$ , но при этом следует иметь ввиду, что предельные углы откосов уступов изменяются от  $81$  до  $85^\circ$ , также наименьшая высота уступа получается по схеме при подрезке двух диагональных поперечных трещин с крутыми углами падения. Третьей, с углом наклона от  $30$  до  $50^\circ$ . Реализация указанной схемы расчета в условиях карьера «Эльдорадо» может произойти для группы уступов с высотой более 100м и с результирующим углом борта на этом участке более  $53^\circ$ , и то только на выходах зон разломов в карьерное пространство на верхних горизонтах.

#### Литература

1. Попов В.Н., Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л. Управление устойчивостью карьерных откосов. Учебник для вузов. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2008. – 683 с.
2. Шпаков, Ю.Л.Юнаков, М.В. Шпакова. Расчет устойчивости карьерных откосов по программе stability analysis // Горный информационно-аналитический бюллетень. Mining informational and analytical bulletin. №8/2011. – с. 56-63



Ю.Л. Юнаков, В.А. Чумляков, А.Н. Хозяинов  
Сибирский Федеральный университет. Институт горного дела геологии и геотехнологий  
660025, г. Красноярск, проспект Красноярский рабочий, 95  
М.В. Шпакова  
Муромский институт Владимирского государственного университета  
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23  
E-mail: spsp01@rambler.ru

### **Изучение трещиноватости горного массива**

Вопросы оценки влияния трещиноватости горных пород на их прочностные свойства и устойчивость откосов уступов и бортов карьеров можно считать предметными лишь только тогда, когда создается возможность прогнозирования и учета пространственной ориентировки трещин, интенсивности трещиноватости и прочности по поверхностям трещин. Специалистов по устойчивости откосов на открытых разработках трещиноватость пород интересует в качестве ослабляющего фактора, подлежащего учету при решении задач устойчивости и выборе оптимальных средств разрушения трещиноватых средств.

В комплексе работ по изучению трещинной тектоники месторождения, разрабатываемого открытым способом, входят:

- полевые работы, состоящие из разбивки поверхности откоса на замерные станции, замеров элементов залегания трещин и линейных элементов структурных блоков, образуемых трещинами, установление процентного соотношения структурных блоков на поверхности откоса уступа по классу крупности;
- составление и обработка точечных диаграмм на основе данных полевых измерений;
- построение участковых стереограмм систем трещин по каждой точке замера с помощью стереографических сеток;
- обработка данных трещиноватости методом математической статистики;
- выделение всех структурно-тектонических поверхностей ослабления наиболее неблагоприятно ориентированных относительно простирания уступов, т.е. таких систем, которые могут служить поверхностями скольжения;
- построение структурных разрезов по уступам и бортам карьера;
- составление карты трещиноватости карьерного поля;
- районирование бортов карьера для решения вопросов предупреждения и борьбы с оползневыми явлениями.

Ниже приводится методическое, теоретическое и практическое решение указанных вопросов.

#### *Обработка массовых замеров трещиноватости пород*

Наличие трещиноватости в горном массиве всегда неблагоприятно сказывается на устойчивости откосов, но наиболее опасными являются те трещины или другие поверхности ослабления, которые могут служить поверхностями для оползания или обрушения пород при их подрезке горными работами. Систематизировать, обобщить данные полевых замеров, выделить из общей совокупности наиболее ценный материал для решения поставленной задачи можно путем обработки данных, используя графо-аналитические методы.

Изучение структуры прибортового массива карьера «Эльдорадо»

Для характеристики трещиноватости горных пород необходимо знать угол падения трещин и азимут линии простирания трещин и расстояние между трещинами. Определение угла падения и азимута линии простирания трещин производилось горным компасом. Расстояние между трещинами измерялось рулеткой. Всего произведено более 580 измерений элементов залегания трещин в 30 замерных станциях. Камеральная обработка результатов замеров велась в направлении выявления преобладающего угла падения и простирания систем трещин.

При выборе способа обработки замеров учитывались два момента:

- наглядность распределения систем трещин на диаграмме;
- простота обработки результатов замеров элементов залегания трещин.

Нанесение элементов трещин на круговую диаграмму производилось следующим образом: откладывались две координаты - одна соответствовала углу падения, другая азимуту линии простирания. Полученная в этом пересечении точка представляла замерную точку. Затем на диаграммах для всех замерных станций оконтуривались точки, относящиеся к отдельным системам, для чего группировались точки, отличающиеся по элементам залегания (по простиранию и падению) в пределах  $30^\circ$ . В качестве примера приведена обобщенная круговая точечная диаграммы по горизонтам (Рис.1).

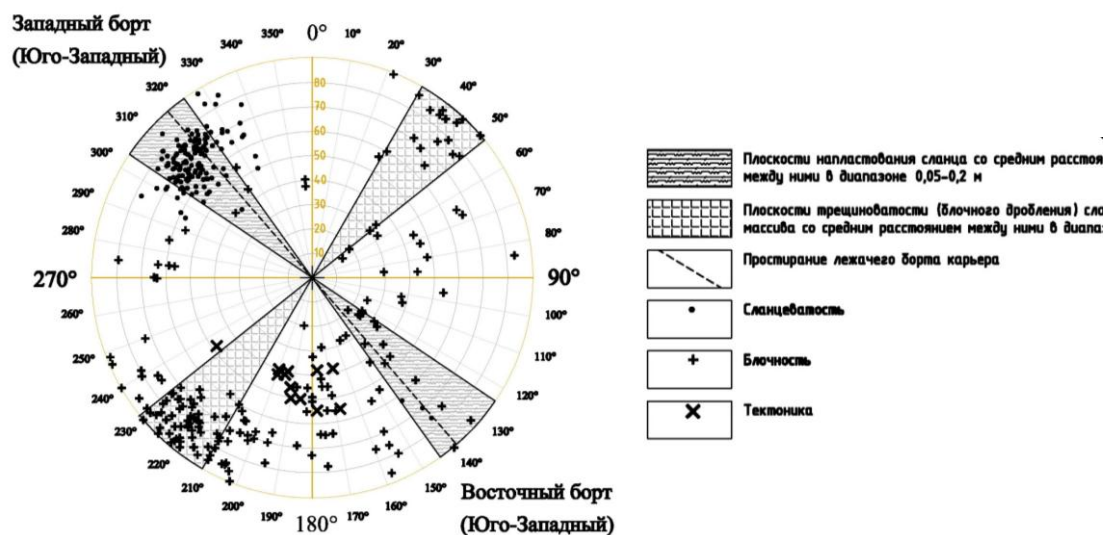


Рис. 1. Обобщенная круговая точечная диаграмма (карта) трещиноватости бортов карьера «Эльдорадо»

Определялись графическим методом путем последовательного нахождения центров, сначала отдельных групп трещин, а затем центра этих центров с учетом их весов, определяемых числом объединенных или единичных точек, расстояние между укрупненными центрами при определении центра следующей ступени делилось обратно пропорционально их весам.

Выявление преобладающих систем трещин всего карьерного поля и их элементов залегания также произведено на круговой диаграмме. Для этой цели на диаграмму (рис.2.20) были нанесены все точки замера трещин и произведено их усреднение.

По координатам центров площадей с максимальным количеством трещин определяли элементы залегания этих систем. В нашем случае четко выделяются системы трещин сланцеватости с углами простирания в пределах от  $290^\circ$  до  $340^\circ$  и с углами падения от  $55^\circ$  до  $85^\circ$ . Системы блочной трещиноватости в трех плоскостях: с углами простирания в пределах от  $30^\circ$  до  $50^\circ$  и с углами падения от  $55^\circ$  до  $85^\circ$ ; с углами простирания в пределах от  $130^\circ$  до  $160^\circ$  и с углами падения от  $15^\circ$  до  $85^\circ$ ; с углами простирания в пределах от  $200^\circ$  до  $240^\circ$  и с углами падения от  $60^\circ$  до  $90^\circ$ . Системы тектонических трещин с углами простирания в пределах от  $165^\circ$  до  $200^\circ$  и с углами падения от  $38^\circ$  до  $55^\circ$ .

Карьер имеет вытянутую форму в направлении с северо-запада на юго-восток. Выявленные преобладающие системы трещин будут опасны для юго-западного (лежащий), северо-восточного (висячий) бортов в разной степени.

Следует обратить внимание на диагональные и поперечные согласопадающие с откосом трещины (разрывные нарушения) которые, в своем сочетании, могут образовывать призмы возможного обрушения.

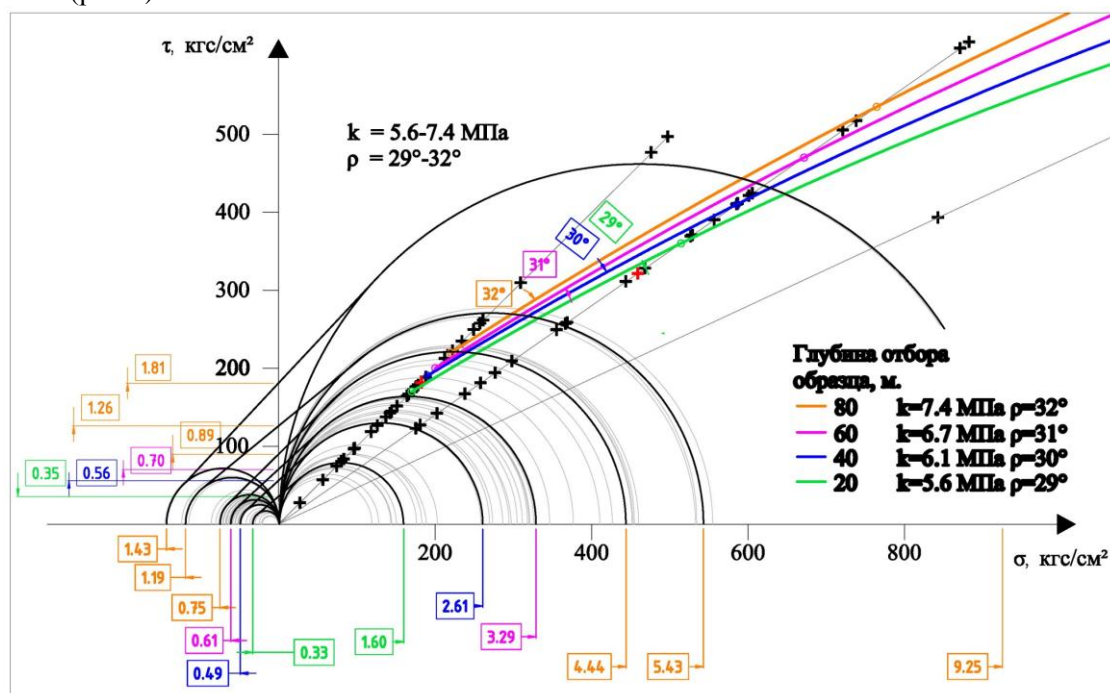
Полученные параметры систем трещин при обработке массовых замеров (Рис.1) с пространственными параметрами бортов карьера будут использованы для обоснования схем расчетов устойчивости откосов бортов и уступов карьера.

### Результаты исследований свойств горных пород

Нами испытано 146 образцов разновидностей сланца и получено более 250 его характеристик.

Для исследования интервала глубин отбора образцов от 0 до 80 метров, отмечено изменение прочностных свойств пород в сторону увеличения их значений с глубиной. Предел прочности на сжатие изменяется от 24 до 35 МПа. Ранее были получены следующие значения  $\sigma_{сж.}$ : для зоны выветривания от 17,6МПа до 75,5МПа; для северо-восточного борта от 23,5МПа до 53,0МПа; для юго-западного борта от 23,9МПа до 92,1МПа. Предел прочности на растяжение изменяется от 5,2 до 6,2 МПа. Ранее были получены следующие значения  $\sigma_{раст.}$ : для зоны выветривания от 1,5МПа до 6,5МПа; для северо-восточного борта от 3,8МПа до 9,3МПа; для юго-западного борта от 2,9МПа до 92,2МПа.

Величина сцепления и угла внутреннего трения в образцах определялась по паспорту прочности (рис 1).



**Рис.1. Паспорт прочности горной породы**

Ранее эти параметры не определялись а рассчитывались косвенно. Построение паспорта осуществлялось с использованием кругов Мора, количественное значение которых взято из результатов испытаний породы на одноосное сжатие и растяжение, а также из испытаний по определению прочности при сдвиге  $\tau_{ср}$  и по сцеплению  $k$  методом среза в наклонных матрицах с построением зависимости  $\tau=f(\sigma)$ . Срез производился при углах наклона  $\alpha=25^\circ$ ,  $\alpha=35^\circ$ ,  $\alpha=45^\circ$ . По результатам построен обобщенный паспорт прочности пород. Значения углов внутреннего трения и сцепления для сланцевых пород сведены в табл. 1.

Значения сцепления изменяются от 5,6Мпа до 7,4Мпа, угла внутреннего трения от  $29^\circ$  до  $32^\circ$ .

Значения объемного веса, предела прочности на одноосное сжатие, предела прочности на растяжение, углов внутреннего трения и сцепления пород сведены в табл. 1.

**Таблица 1. Физико-механические свойства сланца**

Название породы (глубина отбора образца, м.)	Объемный вес $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Предел прочности на растяжение $\sigma_r$ , МПа	Предел прочности на одноосное сжатие $\frac{\sigma_{сж}}{V\%}$ , МПа	Сцепление $C_0$ , МПа	Угол внутреннего трения $\varphi_0$
1	2	3	4	5	6
1. Сланец (20, м)	2,69	5,2	24	5,6	29
2. Сланец (40, м)	2,72	5,5	27	6,1	30
3. Сланец (60, м)	2,74	5,8	31	6,7	31
4. Сланец (80, м)	2,76	6,2	35	7,4	32

**Физико-механические свойства грунтов**

– По результатам выполненных инженерно-геологических изысканий на промышленной площадке карьера «Эльдорадо» установлено, что толща грунтов до разведанной глубины 5,0 м является неоднородной, в ее пределах выделяется 8 инженерно-геологических элементов:

- ИГЭ-1, почвенно-растительный слой с корнями деревьев, мощностью 0,2 м;
- ИГЭ-2, суглинки дресвянистые, полутвердой консистенции, непросадочные, ненабухающие, среднепучинистые при промерзании, мощность слоя 0,8-1,8 м;
- ИГЭ-3, супеси дресвянистые, полутвердой консистенции, непросадочные, ненабухающие, среднепучинистые при промерзании, мощность слоя 0,4-1,5 м;
- ИГЭ-4, щебенисто-дресвяные грунты с суглинистым заполнителем до 40%, полутвердой консистенции, мощность слоя 1,5 м;
- ИГЭ-5, щебенисто-дресвяные грунты с супесчаным заполнителем до 40%, полутвердой консистенции, мощность слоя 0,6-0,8 м;
- ИГЭ-6, щебенистый грунт, заполнитель супесчаный полутвердый, в количестве 25-30%, мощность слоя 0,4-2,2 м;
- ИГЭ-7, сланцы кварцево-биотит-серицитовые, сильновыветрелые (показатель выветрелости 0,59), весьма низкой прочности, размягчаемые, мощность слоя 1,2-2,8 м;
- ИГЭ-8, сланцы кварцево-биотит-серицитовые, менее выветрелые (показатель выветрелости 0,77), низкой прочности, размягчаемые, мощность слоя 1,5-2,2 м.

Инженерно-геологические элементы грунтов имеют следующие физико-механические свойства, приведенные в табл. 2.

**Таблица 2. Физико-механические свойства грунтов**

Наименование показателей	ИГЭ-1							
	ИГЭ-1	ИГЭ-2	ИГЭ-3	ИГЭ-4	ИГЭ-5	ИГЭ-6	ИГЭ-7	ИГЭ-8
Влажность, д.е.								
природная	0,12	0,21	-	0,18	-	0,18	-	
на границе текучести	0,33	0,30	0,20	0,29	0,22	0,30	-	
на границе раскатывания	0,20	0,25	0,19	0,19	0,20	0,27	-	
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,91	1,93	-	2,04	2,35	1,95	2,27	
Удельное сцепление, кПа	34	16	47	21	-	47	-	
Угол внутреннего трения, град.	24	28	26	30	-	34	-	
Модуль деформации, МПа	25	12	34	32	35	37	-	
Расчетное сопротивление, кПа	300	250	450	450	600	-	-	

Нормативная глубина сезонного промерзания по данным метеостанции Енисейск 262 см.

Суглинки и супеси дресвянистые (ИГЭ-2,3) относятся к среднепучинистым грунтам. При сезонном промерзании происходит их увеличение в объеме, при этом происходит осадка пучинистого грунта.