

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования Кузбасский государственный  
технический университет имени Т. Ф. Горбачева

На правах рукописи



Дудко Константин Львович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПРОГНОЗА  
УДАРООПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СИБИРИ С УЧЕТОМ  
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МАССИВА НА ОСНОВЕ  
ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ**

Специальность: 25.00.16 – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая  
геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр

Диссертация на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

Научный руководитель:  
кандидат технических наук,  
доцент А. И. Шиканов

Кемерово 2020

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗА УДАРООПАСНОСТИ МАССИВА НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СИБИРИ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	11
1.1. Геологические условия отработки удароопасных железорудных месторождений Сибири.....	11
1. 2. Геомеханические условия разработки удароопасных железорудных месторождений Сибири.....	21
1.3. Прогноз удароопасности на рудных месторождениях Сибири .....	26
1. 4. Выводы. Цель и задачи исследований .....	35
2. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАЖУЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ В КРУТОПАДАЮЩИХ СЛОИСТЫХ СРЕДАХ	37
2.1 Влияние геологического строения электропрофиля на распределение кажущегося электросопротивления пород.....	37
2.1.1 Распределение КУЭС в окрестностях плоского вертикального контакта двух сред .....	38
2.1.2 Распределение КУЭС вдоль профиля над пластом и сближенными пластами.....	45
2.2 Определение среднего кажущегося электросопротивления слоистого массива по профилю измерений.....	51
2.3. Выводы.....	57
3. ВЛИЯНИЕ НА КАЖУЩЕЕСЯ УЭС ПОРОД ВАРИАЦИЙ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ, ВЛАГОНАСЫЩЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ПОРОД .....	58
3.1. Влияние механических напряжений на УЭС руды и вмещающих пород ...	58
3.2. Влияние обводненности массива и изменений температуры пород на их поляризацию в массиве .....	71
3.3 Выводы.....	79
4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРОГНОЗА УДАРООПАСНОСТИ НА РУДНИКАХ .....	80
4.1 Техника электрометрических измерений для ПЭП и ПЭЗ .....	80
4.2 Методика определения электрометрического коэффициента удароопасности с учетом геологического строения массива с измерительным профилем .....	84
4.3 Программа по обработке результатов измерений .....	88
4.4 Результаты обработки данных измерений за период с 2017 – 2019 гг. на Таштагольском руднике .....	89
4.5 Выводы.....	97

Заключение .....	98
Список литературы .....	100
Приложение А .....	113
Приложение Б .....	114
Приложение В.....	120
Приложение Г .....	124
Приложение Д.....	142
Приложение Е .....	151
Приложение Ж.....	174

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность работы

Опыт отработки всех рудных месторождений Западной Сибири показывает, что с увеличением глубины горных работ происходит рост интенсивности и частоты проявлений горного давления в динамической форме. Наиболее представительным в плане проявления динамических явлений является Таштагольское месторождение. Начиная с 1959 г. на руднике зарегистрировано более 18000 динамических явлений, в том числе 21 горный удар (из них 8 горно-тектонического типа), около 11 микроударов. Основным видом динамических явлений в последние годы являются толчки. При этом зарегистрировано, что динамические явления любого типа приурочены в основном к контактам различных пород и разрывным нарушениям.

Рудные тела месторождений имеют крутое (от 60 до 90°) залегание, вмещающий массив представлен также крутопадающими слоями сиенитов, скарнов, диоритов, сланцев, гранодиоритов, порфириров и известняков. Разрывные нарушения представлены разноориентированными трещинами, прямолинейными и либо открытыми, либо сцементированными раздробленным материалом (в основном кварцем и кальцитом с вкраплениями).

Службы прогноза геодинамических явлений на рудниках используют различные геофизические методы, в том числе электрометрические. Среди последних в основном используются методы подземного электропрофилирования и электрозондирования. При этом измерительные профили проложены в основном в горизонтальных выработках, то есть пересекают различные вертикальные контакты пород и плоскости трещин.

До настоящего времени не изучены следующие аспекты данной проблемы: влияние геологического строения массива с электропрофилем на распределение кажущегося электросопротивления пород; определение среднего кажущегося электросопротивления слоистого массива по профилю измерений; не разработаны практические рекомендации по проведению измерений и обработки полученных результатов с учетом геологического строения массива с электропрофилем.

Как следует из информации, полученной от службы прогноза рудника, точность прогноза горных ударов электрометрическими методами во многих случаях, в особенности при переходе на новые горизонты снизилась. Это также подтверждается анализом, проведенным по данным электропрофилирования с 2011 по 2016 гг. В результате определения степени удароопасности массива по действующим на руднике указаниям было установлено, что всего в трех случаях массив был признан удароопасным.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ по следующим темам:

1. «РАЗРАБОТАТЬ МЕТОДИКУ ПРОГНОЗА ГОРНЫХ УДАРОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ» на основании договора №311420934871 с ОАО «Евразруда» от 02.03.2011 г;

2. «ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОГНОЗА И ЛИКВИДАЦИИ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТАНОУГОЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА» на основании плана НИР университета и государственного задания в сфере научной деятельности по заданию №2014/76 за 2014 год;

3. «РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УДАРООПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ» при поддержке фонда содействия инновациям по приоритетным направлениям науки в области рационального природопользования на основании договоров №68ГУ1/2013 от 25.09.2013 г. и №8001ГУ2/2015 от 23.11.2015 г.

**Цель работы:** совершенствование метода прогноза удароопасности на железорудных месторождениях Сибири с учетом геологического строения массива на основе электропрофилирования, для повышения достоверности прогноза и безопасности ведения горных работ.

**Объект исследований:** массив, представленный прочными, высокомодульными, хрупко разрушающимися под нагрузкой породами, способными накапливать значительную энергию упругих деформаций и разбитый густой сетью трещин, отдельностей и кливажа.

**Предмет исследования:** метод прогноза удароопасности на основе электропрофилирования

**Идея работы** состоит в учёте количества вертикальных породных слоёв и замены их множества одним эквивалентным при определении электрометрического коэффициента степени удароопасности массива.

**Задачи исследования:**

1. Оценить влияние геологического строения массива с электроизмерительным профилем в выработках на распределение КУЭС вмещающих пород;
2. Оценить влияние вариаций температуры и влажности в массиве на возможность возникновения низкочастотной дисперсии электропроводимости и диэлектрической проницаемости;
3. Разработать методику определения электрометрического коэффициента удароопасности с учетом геологического строения массива на основе электропрофилирования.

**Методы исследований.**

В работе использован комплекс методов, включающий:

- методы теоретической геофизики - для количественной оценки степени влияния вертикальной слоистости массива на основе решения прямых эталонных задач электроразведки для одномерных неоднородных сред и для расчета на ЭВМ распределения КУЭС над вертикальными контактами горных пород;

- экспериментальные методы исследования электрических свойств горных пород.

- методы теории аппроксимации и статистической оценки измерений - для получения зависимости связывающей функционально измеренное УЭС с механическими напряжениями и учета её достоверности.

**Научные положения, защищаемые в диссертации:**

- 1) геологическое строение рудных массивов определяет электропрофили в подземных выработках как пересечение крутопадающих породных слоёв, что

приводит к отклонению среднеарифметического по профилю КУЭС от эквивалентного на 15-25%; распределение КУЭС вдоль этих профилей определяется мощностью, составом слоёв и их электрической контрастностью;

2) сезонные изменения водопритоков и температуры в выработках не оказывают существенного влияния на влажность и температуру вмещающих пород; их вариации приводят к возникновению токов смещения, оказывающих влияние на величину КУЭС в пределах погрешности измерений;

3) электрометрический коэффициент удароопасности должен определяться с учетом мощности и КУЭС каждого слоя измерительного профиля, что повышает достоверность прогноза удароопасности участков массива до 80% по сравнению с действующими указаниями.

**Научная новизна работы заключается:**

– в обосновании влияния геологического строения электропрофиля на распределение кажущегося электросопротивления пород;

– в обосновании незначительного в пределах погрешности влияния токов смещения на результаты подземного электропрофилирования и электротондирования на нерудных участках профиля;

– в установлении закономерностей и диапазонов изменения УЭС горных пород при их нагружении до момента разрушения.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:**

– установленной по ранее проведенным замерам с учётом слоистого строения массива сходимостью степени его удароопасности и фактическими зафиксированными геодинамическими явлениями, что позволило повысить эффективность прогноза до 80% по сравнению с действующими указаниями.

**Личный вклад автора заключается:**

– в проведении шахтных измерений;

– в проведении геологической доразведки массива с электропрофилем;

– в изготовлении лабораторной установки и проведению лабораторных испытаний;

- в детальном исследовании факторов и условий, влияющих на распределение КУЭС в массиве горных пород;
- в установлении закономерностей изменения УЭС пород при их нагружении до момента разрушения;
- в совершенствовании методики обработки электрометрических данных для прогноза удароопасности.

**Научное значение работы состоит:**

- в расширении знаний о поведении УЭС руды и вмещающих пород при их нагружении до момента разрушения;
- в расширении знаний о влиянии геологического строения вмещающих пород на распределение кажущегося электросопротивления пород вдоль измерительного профиля.

**Отличие от ранее выполненных работ состоит в следующем:**

- при обработке результатов предложено использование теории заземляющих устройств для учёта количества вертикальных породных слоёв и замены их множества одним эквивалентным;
- исследованы основные геологические и микроклиматические факторы, влияющие на распределение кажущегося электросопротивления пород;
- исследовано влияние механических напряжений на УЭС руды и вмещающих пород при нагружении до момента разрушения.

**Практическая ценность работы заключается:**

- в составлении методических указаний по определению степени удароопасности массива электрометрическим методом на Таштагольском железорудном месторождении. - Кемерово: КузГТУ, 2019. - 22с;
- в разработке программы для ЭВМ «Автоматизированная система по прогнозу удароопасности по результатам подземного электропрофилирования», прошедшую государственную регистрацию (свидетельство №2017613411).

### **Реализация работы**

Основные научно-практические положения диссертации изложены в методическом документе «Методические указания по определению степени удароопасности массива электрометрическим методом на Таштагольском железорудном месторождении / КузГТУ. – Кемерово, 2019. - 22 с».

Полученные теоретические и методические результаты используются в учебном процессе КузГТУ при изучении следующих дисциплин: Горная геофизика, Прогноз геодинамических явлений и Контроль процессов горного производства.

### **Апробация работы**

Основные положения диссертационной работы рассматривались на следующих конференциях: на международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах» (Кемерово, 2013); на научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая» (Кемерово, 2013); на международных научно-практических конференциях «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. СибРесурс» (Кемерово, 2012; 2016).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, из них – 5 в изданиях, рекомендованных ВАК, в том числе получено 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 7 приложений, изложена на 112 страницах машинописного текста, содержит 32 рисунка, 17 таблиц, список литературных источников из 130 наименований. Диссертация соответствует п. 10 «Разработки и совершенствование методов и систем обработки геологической, маркшейдерской и геофизической информации, а также методов моделирования месторождений, прогнозирования горно-геологических явлений и процессов, создание основ управления ими при горных работах» и п. 17 «Методы и средства изучения природы, структуры, пространственной неоднородности и временной изменчивости естественных и искусственных физических полей в массиве горных пород. Лабораторные и полевые геофизические методы исследования состава, строения, свойств и состояния горных пород и

массивов. Геологический, геофизический и маркшейдерский мониторинг природно-технических объектов и геологической среды при разработке полезных ископаемых» паспорта специальности 25.00.16 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия».

# **1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗА УДАРООПАСНОСТИ МАССИВА НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СИБИРИ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

## **1.1. Геологические условия отработки удароопасных железорудных месторождений Сибири**

Железорудные месторождения Сибири, на которых в процессе их разработки зафиксированы такие динамические проявления горного давления, как горные удары, сосредоточены в основном в Горной Шории и Хакасии [1,2]. Данные районы расположены в Алтае-Саянской складчатой горной области, представляющей собой участок Афро-Азиатского пояса [3-5]. Характерной особенностью этого участка является проявление горообразовательных движений, сопровождающихся активизацией сейсмичности [6-11]. Многочисленные разрывы, нарушающие сплошность массива горных пород, приводят к образованию в земной коре блоковой структуры, при смещении блоков которой относительно друг друга образуются зоны растяжений, сжатий, надвиги, подвиги, сдвиги и др. Возникающие на границах структурных блоков напряжения могут приводить последние к дроблению на блоки меньших размеров [3,12].

На протяжении нескольких десятилетий в Алтае-Саянском горном районе разрабатываются Таштагольское, Шерегешевское, Казское и Абаканское месторождения [4-6, 13]. Данные месторождения эксплуатируются в сложных горно-геологических и геомеханических условиях, влияющих на формирование динамических явлений в массиве, в особенности при переходе горных работ на нижележащие горизонты [3].

В пределах рудной зоны Таштагольского месторождения, разрабатываемого подземным способом с 1941 года, выделены четыре участка: Западный, Северо-Западный, Восточный и Юго-Восточный [14-16]. В настоящее время отрабатываются Восточный и Юго-Восточный участки, по которым оконтурено 6 рудных тел. Остальные участки разведаны сравнительно недавно, при этом обнаружен новый участок – Глубокий.

В табл 1.1 приведены основные характеристики рудных тел и наиболее распространенных вмещающих пород Таштагольского месторождения. Таблица составлена по данным работ [17,18].

Таблица 1.1

Характеристика рудных тел и вмещающих пород Таштагольского месторождения

Характеристика рудных тел и пород	Восточный участок	Юго-восточный участок	Западный участок	Северо-западный участок
Количество рудных тел	4	2	5	1
Состав рудных тел	Магнетит с примесью	Магнетит с примесью	Магнетит с примесью	Магнетит с примесью
Предел прочности руды	60-140 МПа	80-140 МПа	120-140 МПа	100-140 МПа
Горизонтальная мощность рудных тел	15-60 м	5-40 м	5-25 м	110 м
Угол падения рудных тел и вмещающих пород	70-90°	70-90	80-85°	70-90°
Основные вмещающие породы	Сиенит, скарн, сланец, порфирит	Сиенит, скарн, сланец, порфирит	Сиенит, скарн, сланец, порфирит	Сиенит, скарн, сланец, порфирит, известняк
Предел прочности пород	50-180 МПа	-	100-160 МПа	50-120 МПа

В совокупности рудные тела образуют зону северо-западного простирания, длина которой на вскрываемых и подготавливаемых горизонтах составляет 730-750 м. Отмечается тенденция к слиянию рудных тел (рис. 1.1).

Удельный вес руды колеблется от 3,3 до 4,9 т/м<sup>3</sup>. Среднее содержание железа составляет 37,4 % [17,18].

Суммарные запасы руды на участках оцениваются в 400-452 млн т, а вместе с прогнозными на глубине 1200-1700 м участка Глубокого составляют более 1 млрд т [16-18].

Рудные тела и породы месторождения разбиты густой сетью трещин, отдельностей и кливажа [17,18]. Имеются крупные тектонические трещины с амплитудой смещения более 120 м (рис. 1.2). Трещинная тектоника ориентирована в основном в меридиональном направлении [18].

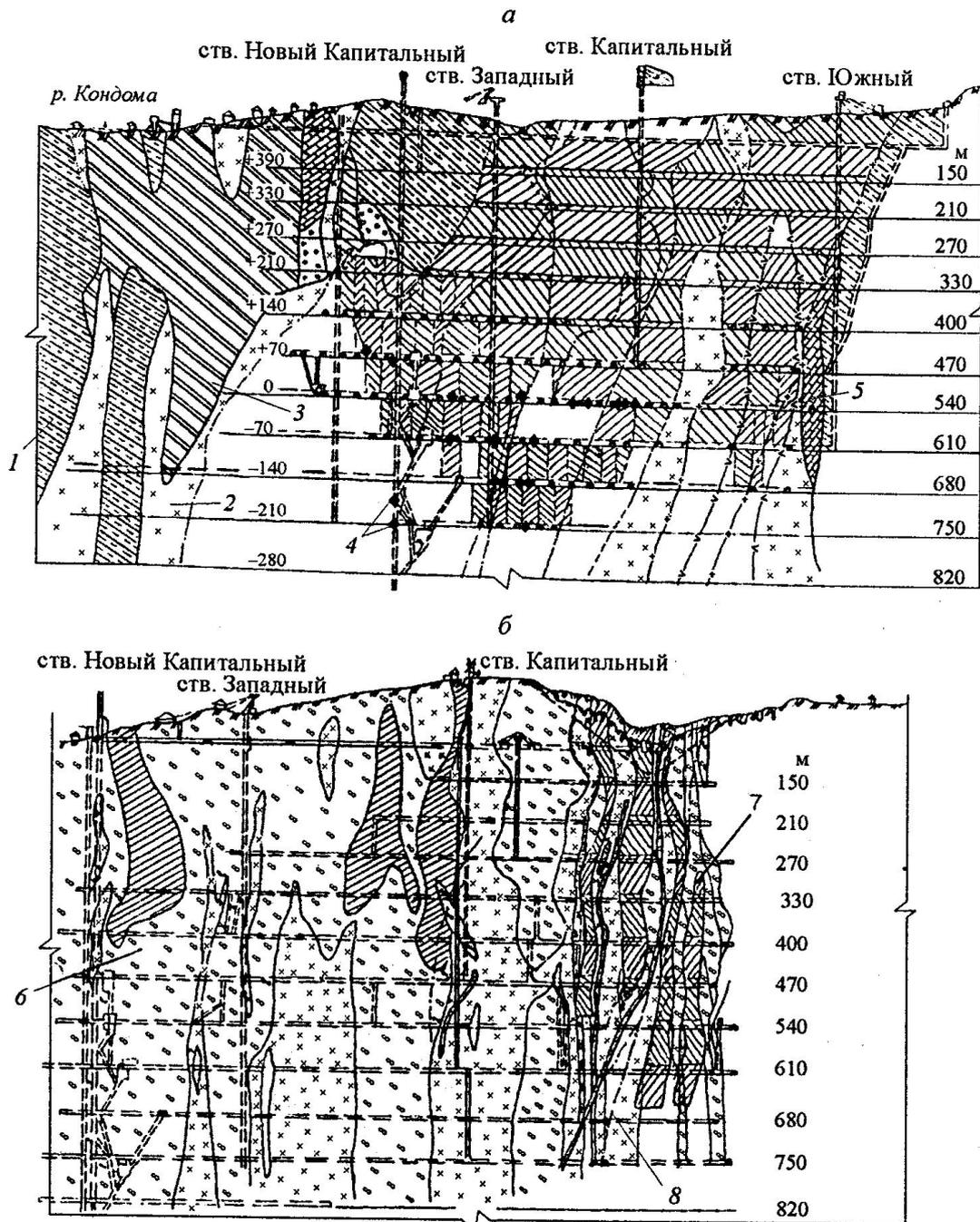


Рис. 1.1. Геологические разрезы Таштагольского месторождения  
*a* – по простиранию, *б* – вкрест простирания. 1- порфириты; 2 – сиениты; 3 – сланцы; 4 – места проявления динамических явлений; 5 – известняки; 6 – скарны; 7 – контур рудного тела; 8 – тектонические нарушения, + 390 ÷ -280 – горизонты в шахте; 150 ÷ 820м – глубина от земной поверхности



основном магнетитовый состав. Вмещающие породы состоят из скарнов, альбитофиринов, порфириров, сиенитов, мраморизованных известняков и гранитов. Рудные тела имеют форму линз с крутым углом падения.

Синклинали складка месторождения сопровождается системой разрывов, секущих трещин и трещин отслоения.

В рудной зоне Шерегешевского месторождения обрабатываются пять участков (рис. 1.3). Характеристика рудной зоны этих участков представлена в табл. 1.2.

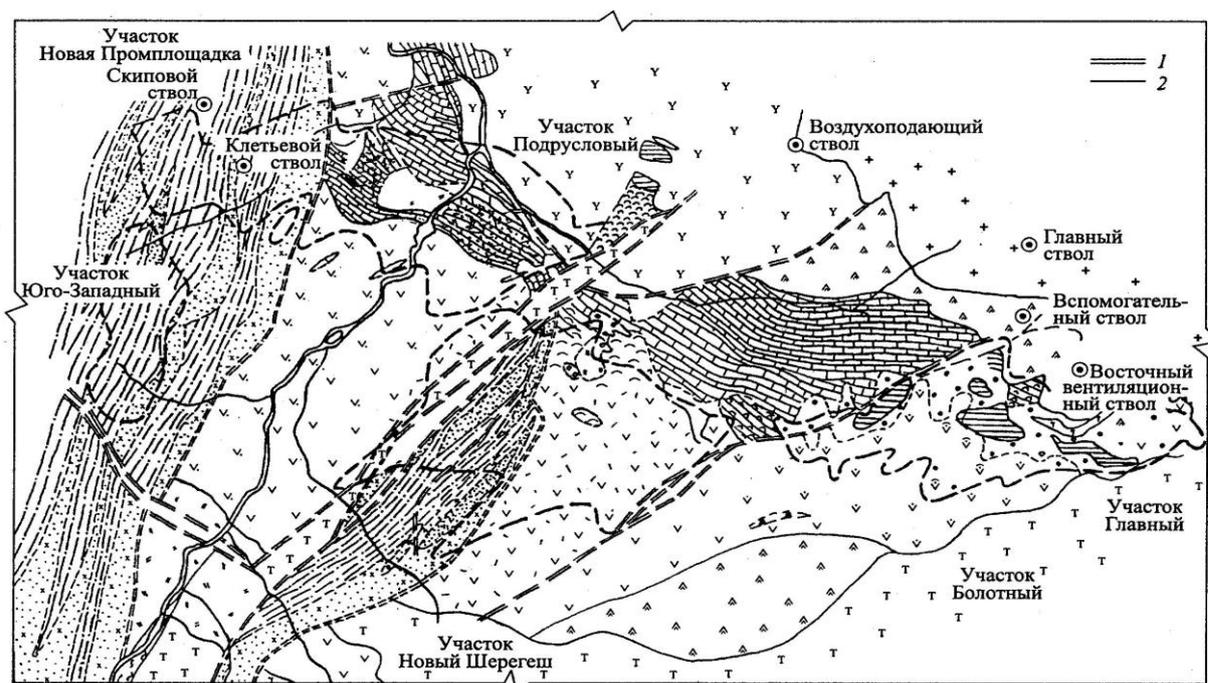


Рис. 1.3. План поверхности Шерегешевского месторождения  
1 – тектонические разломы; 2 – геологические нарушения

Таблица 1.2

#### Характеристика рудной зоны Шерегешевского месторождения

Характеристика рудной зоны	Главный участок	Болотный участок	Участок Нов. Шерегеш	Подрусловый участок	Участок Новая Промплощадка
Общее падение рудной зоны	50-60°	55-60°	40-45°	40-45°	25-30°
Количество рудных тел	15	2	10	3	1
Мощность рудных тел	19,5 м	5-45 м	2-90 м	2-40 м	45 м

Из таблицы 1.2 видно, что угол падения рудной зоны постепенно выполаживается в направлении от участка Главный к участку Новая Промплощадка.

На месторождении широко развита трещинная тектоника, представленная в виде крупных тектонических нарушений с углами падения  $40-85^\circ$  и в виде трещиноватости, отмечаемой в выработках как тектонические трещины с различными углами падения и простирания [19].

Рудное поле Казского месторождения представлено двумя рудно-скарновыми зонами широтного простирания: северной и южной. В зонах выделено шесть рудных участков [18], вытянутых прерывистой полосой протяженностью 4 км и шириной около 0,5 км (рис. 1.4). Средняя мощность рудных тел 10-15 м с длиной по простиранию 30-40 м (рис. 1.5, 1.6). Руды имеют предел прочности на одноосное сжатие 100-140 МПа, являются устойчивыми и не склонные к самообрушению.

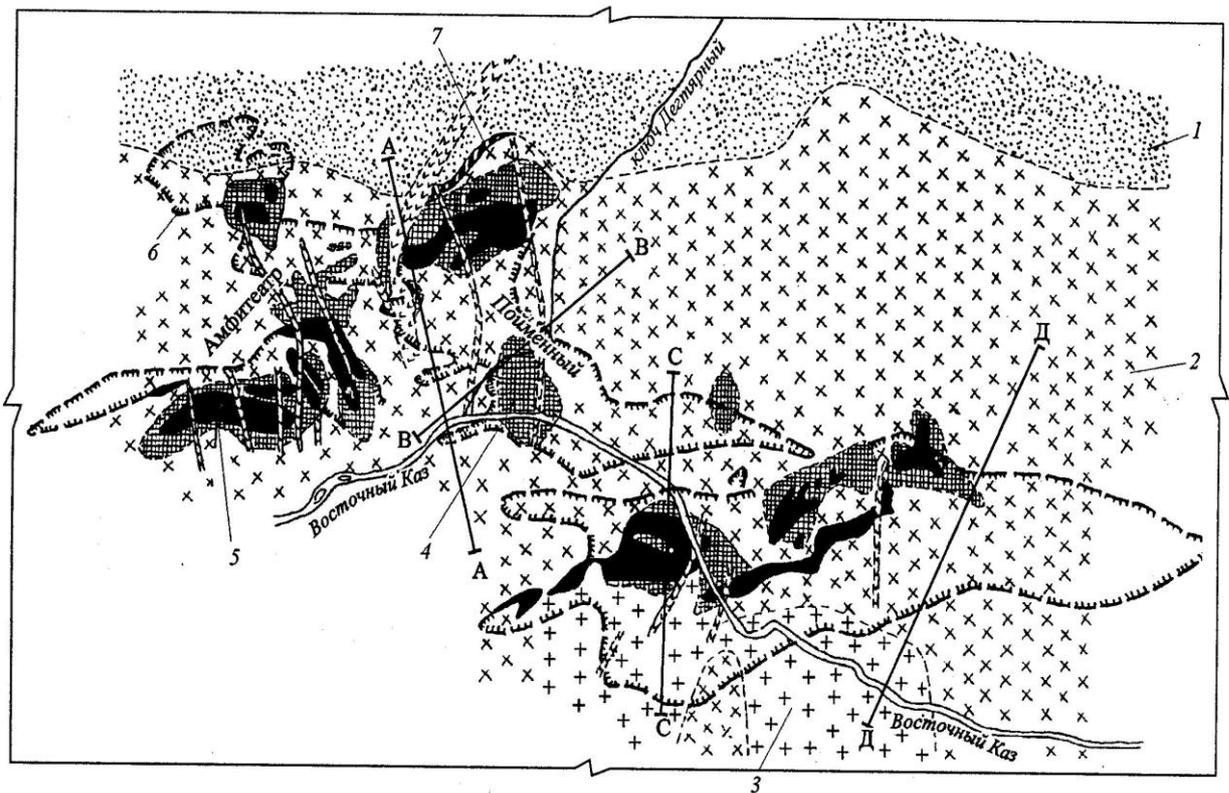


Рис. 1.4. Геологическая карта рудного участка Амфитеатр-Бегунец

Шерегешевского месторождения

- 1 – песчано-сланцевая толща; 2 – диоритовые порфириты; 3 – диориты;  
 4 – скарны; 5 – магнетитовые руды; 6 – контуры групп рудных залежей;  
 7 – гематито-магнетитовые руды; А-А, В-В, С-С, Д-Д – геологические разрезы

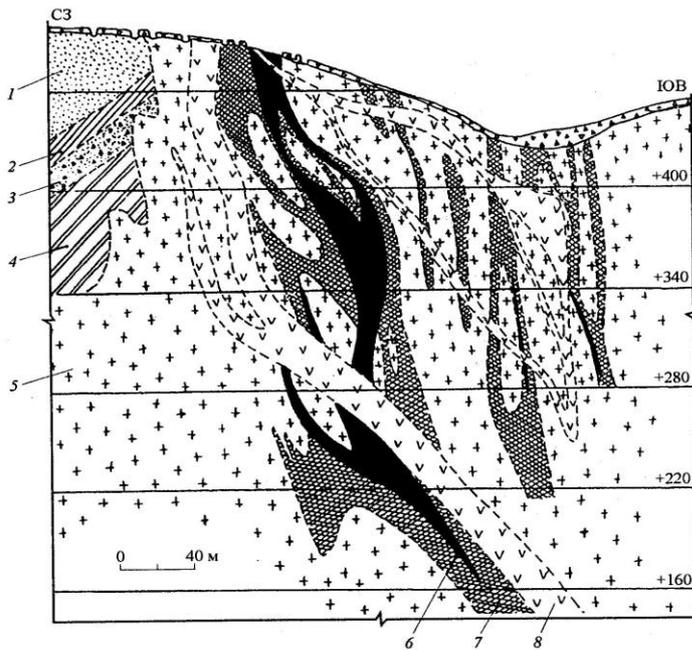


Рис. 1.5. Геологический разрез А-А рудного участка Амфитеатр

1 – аркозовые песчаники; 2 – алевролиты; 3 – кварцевые песчаники с обломками мартитовой руды; 4 – хлорито-глинистые сланцы; 5 – диориты и диоритовые порфириты; 6 – магнетитовые руды; 7 – скарны; 8 – дайки диабазов; СЗ, ЮВ - северо-запад и юго-восток; (+160) ÷ (400) - горизонты

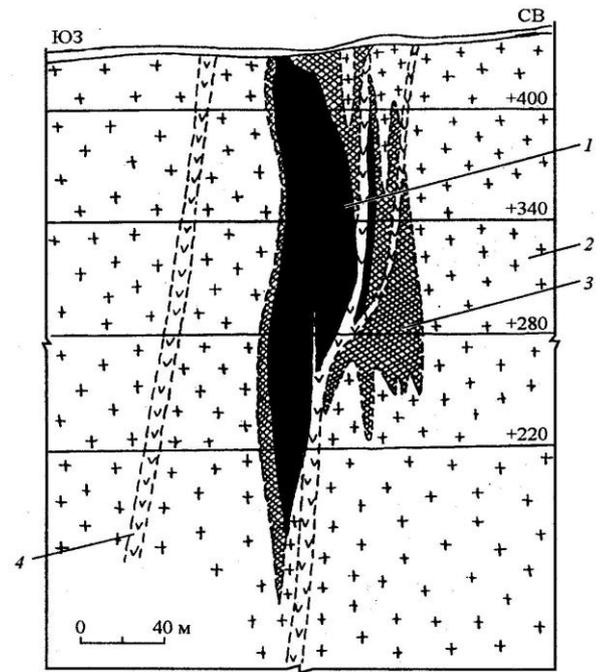


Рис. 1.6. Геологический разрез В-В рудного участка Амфитеатр

1 – магнетитовые руды; 2 – диоритовые порфириты; 3 – скарны; 4 – диабазовые дайки; ЮЗ, СВ – юго-запад, северо-восток; (+220) ÷ (+400) – горизонты

Рудные тела согласно залегают с вмещающими крутопадающими ( $60^{\circ} - 90^{\circ}$ ). Породы представлены гранатовыми, гранат-пироксеновыми, гранат-магнетит-пироксеновыми скарнами, диоритовыми порфиритами и мраморами. Предел прочности для скарнов составляет 120-180 МПа, для диоритовых порфиритов 140-160 МПа, для мрамора 60-80 МПа. Породы слаботрещиноватые, устойчивые, не склонные к обрушению [20].

Тектоника месторождения представлена дорудными и послерудными нарушениями в виде субвертикальных даек и трещин соответственно мощностью 0,2-

6,0 и 0,003-0,06 м. Расстояние между нарушениями в плане составляет 17-320 м [22].

Рудное поле Абаканского месторождения расположено на юго-восточном крыле антиклинальной структуры в Западном Саяне, сложенной эффузивными и туфогенно-осадочными породами [18,21].

Рудные тела (Главное и Третье) удлинены в северо-восточном направлении. Длина Главного рудного тела на поверхности составляет около 1000 м, а мощность колеблется от 30-50 до 140 м (рис. 1.7). Длина Третьего рудного тела составляет

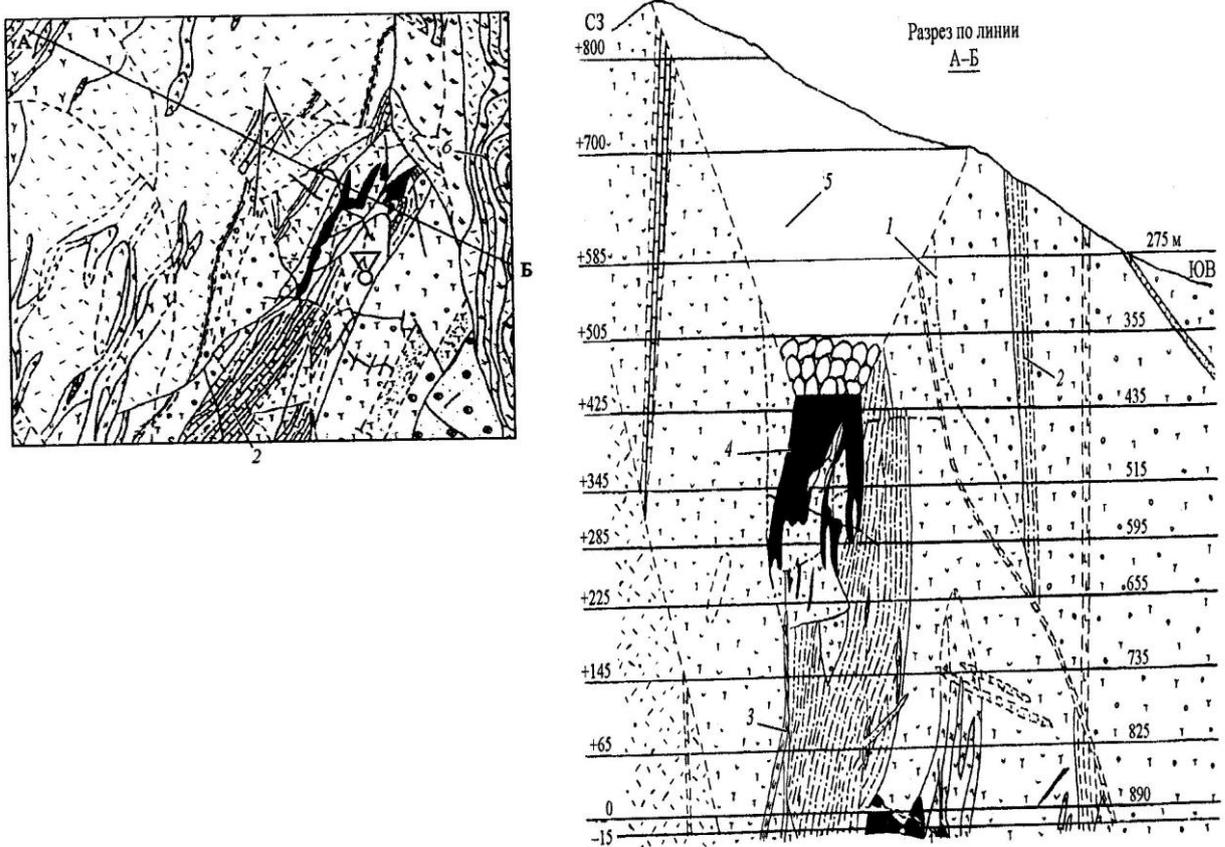


Рис. 1.7 Геологическая карта рудного поля Абаканского месторождения  
 1 – прослеживаемые тектонические нарушения; 2 – зоны милонизации и катаклаза; 3 – платограниты; 4 – контуры рудных тел; 5 – отработанное очистное пространство; 6 – кварцевые кератофиры, пидиты, яшны и туфы; 7 – толща туфов, песчаников, алевролитов; (-15) ÷ (+800) м – горизонты в шахте; (+275) ÷ (+890) м – глубина от земной поверхности.

340 м, мощность его колеблется от 20 до 70 м. Падение – крутое в пределах 85-90°. Основными породами с северо-западной стороны являются англомератовые туфы, с юго-восточной - песчано-глинистые сланцы.

Тектоника месторождения представлена дорудными и пострудными нарушениями [20]. Дорудные дизъюнктивные нарушения – это субпараллельные простиранию пород трещины мощностью 10-12 см. Результаты пострудных тетонических подвижек является кулисообразное расположение рудных тел и их фрагментов. Ориентировка систем мелкой трещиноватости согласуется с направлением пострудной тектоники и направлена с юго-востока на северо-запад в крест простирания. Нарушения имеют взбросово-сдвиговый характер [18].

Таким образом рассмотренное геологическое строение разрабатываемых рудных месторождений показывает, что оно имеет общие характерные особенности. Наиболее важные из них с точки зрения оценки равновесного состояния массива, включающего контроль накопления энергии упруго деформирования, предельного уровня напряжений и скорости нагружения, следующие:

- 1) блочное строение массива, формируемое образованными за счет дизъюнктивных нарушений вертикальными контактами;
- 2) неоднородность блочных структур, представленных слоями имеющих крутое падение метаморфических, магматических и осадочных пород.

Подтверждением этого может служить следующий пример [23]. В пределах участка Юго-Восточный Таштагольского рудника расположен Юго-Восточный полевой штрек (ЮВПШ), который на каждые 100 м пересекает от 2 до 5-ти вертикальных контактов слоёв, представленных сиенитами, туфопесчаниками и туфоалевролитами мощностью слоев от 20 до 50 метров (рис. 1.8 б) с дизъюнктивными тектоническими нарушениями на контактах блоков. Аналогичная картина получается при построении горизонтальных разрезов по планам всех рассмотренных месторождений.

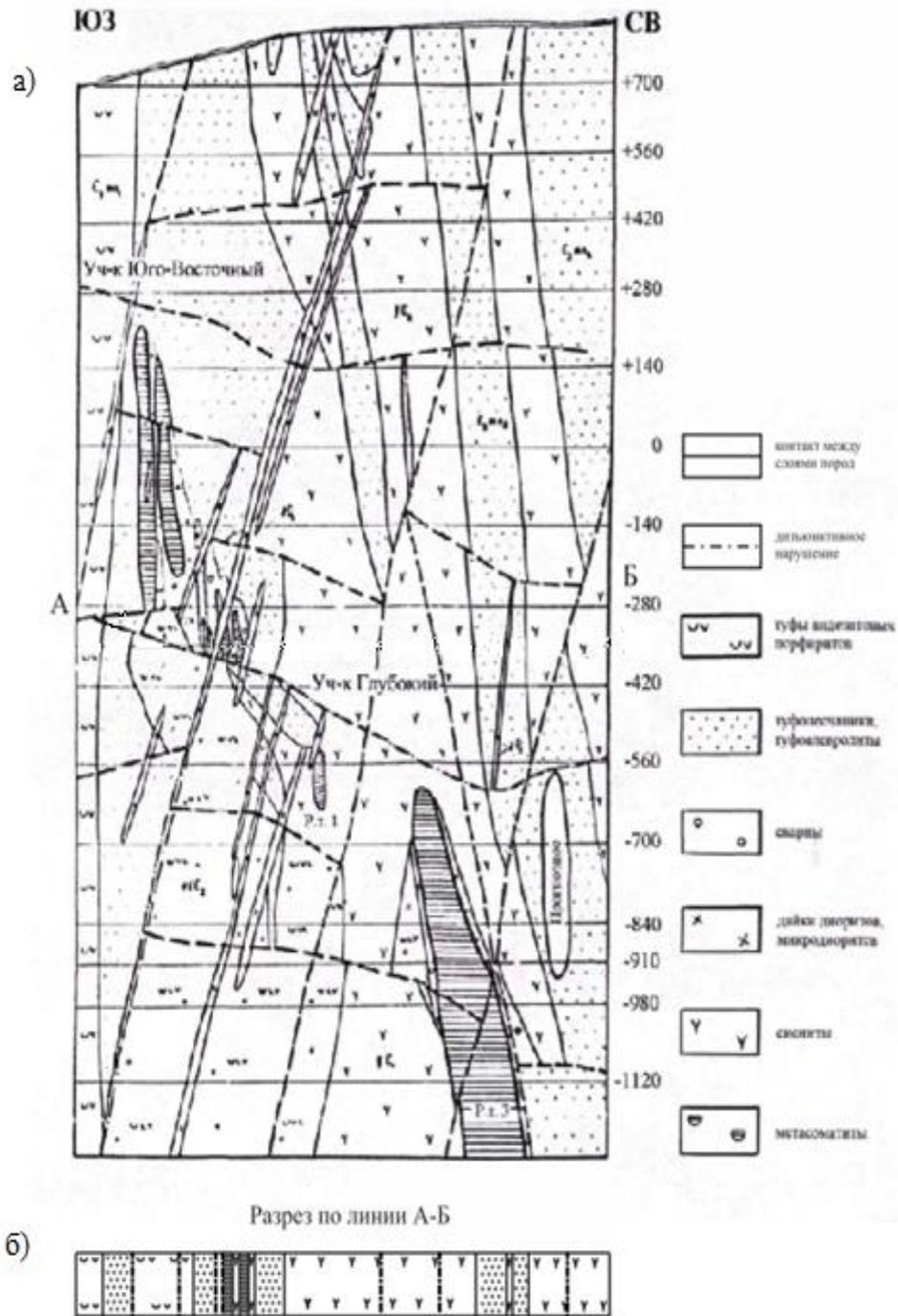


Рис. 1.8 Геологические разрезы простирания рудных тел (а) и измерительного электропрофиля ЮВПШ на горизонте (-280) (б)

В работе [20] отмечается, что для уверенного прогноза динамической обстановки после взрывных работ по отбойке руды и возможных их последствий важно

достоверно оценивать динамический параметр [12], косвенно оценивающий наличие или отсутствие накопления пригрузок в массиве, прилегающем к взрываемому блоку.

При оценке относительной пригрузки или разгрузки горного массива на рудниках используют в основном метод электропрофилеирования и метод ЭМИ (электромагнитного излучения). Измерительные профили прокладываются, как правило, в горизонтальных выработках.

## **1. 2. Геомеханические условия разработки удароопасных железорудных месторождений Сибири**

Среди рассмотренных выше месторождений в настоящее время Таштагольское отнесено удароопасным, а Шерегешевское, Казское и Абаканское – к опасным и склонным к горным ударам [24-27]. Кроме того, область в которой расположены данные месторождения, характеризуются высокой тектонической и сейсмической активностью – до 7 баллов по шкале Рихтера [7,8,28-30].

Наиболее представительными в плане проявления динамических явлений является Таштагольское месторождение. Начиная с 1959 г. на руднике зарегистрировано более 18000 динамических явлений, в том числе 21 горный удар (из них 8 горно-тектонического типа), около 11 микроударов [31,32]. Основной вид динамических явлений — толчки. Так, в 1992 г. зарегистрировано 290 динамических явлений, в том числе 281 толчок [18], а в 2004 г. произошло 1857 динамических явлений и все они отнесены к толчкам.

Данные по динамическим явлениям на Таштагольском руднике сведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Динамические явления на Таштагольском руднике за период 1993-2011 гг.

Год	Горный удар	Микроудар	Толчок	Стреляние	Интенсивное заколообразование	Итого
1983		2	26	6		34
1984	2		32		7	41

Продолжение таблицы 1.3

1985			43	3		46
1986		1	47	2	3	53
1987	1	2	109	6		118
1988		1	55	2		58
1989			276	2	1	279
1990	1		793			794
1991			256			256
1992	2	3	281	2	2	290
1993			204		2	206
1994		2	282			284
1995			176			176
1996			247			247
1997			252			252
1998	1		257			258
1999	1		366			367
2000	1		503		3	507
2001			811		4	815
2002			1140		8	1148
2003			1670		10	1680
2004			1857		3	1860
2005			1161		8	1169
2006			1832		7	1839
2007			1385	1	2	1388
2008			482	1	5	488
2009			1023	1	2	1026
2010	1		1473	2	5	1481
2011			1681	3	4	1688
Итого	10	11	18729	31	76	18857

Шерегешевское железорудное месторождение с глубины 600 м отнесено к угрожаемым по горным ударам [17,18,22, 24-27]. Первые признаки удароопасности

зарегистрированы в 1971 г. на глубине 160 м в выработке, проводимой в зоне влияния очистных работ. По данным службы прогноза и предупреждения горных ударов рудника до 1985 г. произошло 15 динамических явлений за период с 1985 по 2001 г. - 58, а с 01.01.2005 по 21.12.2006 г. - 28 динамических явлений (рис. 1.9)

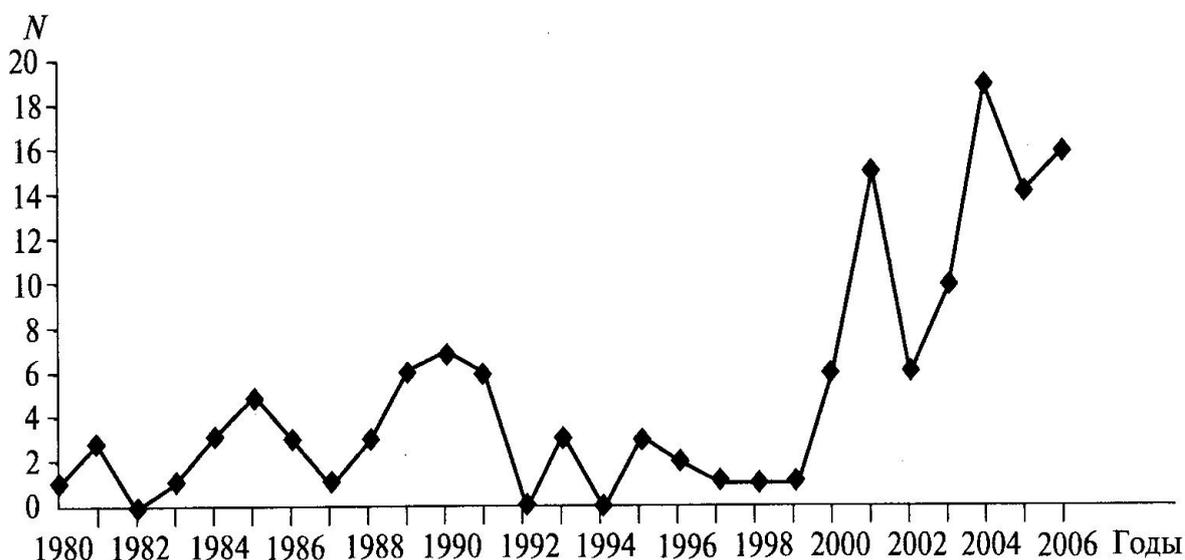


Рис. 1.9. Количество случаев ( $N$ ) проявления горного давления на Шерегешевском руднике

По форме случаи проявления горного давления в динамической форме за период с 1980 по 2006 г. на Шерегешевском руднике распределяются следующим образом [17,33]:

Интенсивное заколообразование	36
Стреляние	20
Внезапное обрушение	10
Толчок	53
Микроудар	2
Итого	121

Казское и Абаканское месторождения менее удароопасны в связи с меньшей глубиной разработки и интенсивностью ведения добычных работ, которые провоцируют возникновение геодинамических явлений.

Анализ теоретических и практических исследований геомеханического состояния массива горных пород в условиях отработки рассматриваемых удароопасных месторождений показал, что наиболее существенными причинами формирования условий возникновения динамических явлений в массиве горных пород при отработке месторождений являются [2,17]:

1) значительные тектонические напряжения. Их наличие объясняется современными геологическими процессами в зонах глубинных разломов северо-западного направления Алтае-Саянской складчатой области, перемещением крупных структурных блоков пород. По данным специалистов ВНИМИ, ВостНИГРИ, НИГРИ, ИГД СО РАН [18,20,24,25,34], а также С.А. Ватутина, П.В. Егорова, А.Т. Шаманской, Б.В. Шреппа и др. [16,21,35-43] соотношение главных нормальных напряжений в массиве пород находится в пределах:

а) для Таштагольского месторождения  $\sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3 = 2,5 : 1,3 : 1,0$ ,

где  $\sigma_1$  - напряжение, действующее по простиранию;  $\sigma_2$  - напряжение действующее вкрест простирания;  $\sigma_3 = \gamma \cdot H$  - вертикальная составляющая напряжения, равная весу пород.

б) для Шерегешевского месторождения  $\sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3 = 2,6 : 1,4 : 1,0$ ,

в) для Казского месторождения  $\sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3 = 3,7 : 2,5 : 1,0$ ,

г) для Абаканского месторождения, действующих на гор. -30  
 $\sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3 = 1,4 : 0,7 : 1,0$ .

Абсолютная величина сжимающего напряжения по данным ВостНИГРИ на глубине 900 м (гор. -350 м) в районе разрезного блока Таштагольского месторождения колеблется от -132 до 136 МПа, на Шерегешевском месторождении на горизонте +115 м – от 39 до 22 МПа. На Казском месторождении на нижележащих горизонтах эти напряжения равны -55 МПа и более, а на Абаканском месторождении в рудных телах Главный, V и IV на глубине 500-800 м и более (гор. +345 и -90 м) составляют – 38,5 ÷ –74,8 Мпа [17].

Установлено также [44,45], что тектоническая составляющая поля напряжений увеличивается на 4 МПа на каждые 100 м глубины, а максимальные горизонтальные напряжения вне зоны влияния очистных работ действуют по простиранию рудных тел в северо-западном направлении [16,18];

2) увеличение глубины горных работ. С её увеличением происходит рост интенсивности и частоты проявлений горного давления в динамической форме. При этом отмечается [41], что при переходе горных работ на нижележащий горизонт частота проявления горных ударов уменьшается, а с развитием фронта очистных работ на этом же горизонте снова возрастает. При этом горные удары становятся разрушительными, а в отдельных случаях их следует считать катастрофическими [40, 46]. В ближайшее время на рассматриваемых месторождениях глубина горных работ достигнет 800-1200 м;

3) склонность руд и пород к хрупкому разрушению. Руды и вмещающие породы Таштагольского, Шерегешевского, Абаканского и Казского месторождений – прочные, высокомодульные, хрупко разрушающиеся под нагрузкой материалы, способные накапливать значительную энергию упругих деформаций [3];

4) сложные горно-геологические условия отработки месторождений. Об их сложности свидетельствует геологический анализ, проведенный в предыдущем параграфе. Горно-геологические условия рассмотренных месторождений имеют много общих черт.

Таким образом, вышеуказанные месторождения расположены в условиях неравнокомпонентного поля напряжений, причем горизонтальные главные вертикальные составляющие в 1,3-3,7 раза. Прочностные и упругие характеристики рудных пород практически одинаковы.

Многочисленные исследования рудных полей по оценке напряженного состояния массива и его краевых частей, проведенные коллективами ВНИМИ, ИГД СО РАН, ВостНИГРИ, ВостНИИ и др., различными методами, позволили разработать методики и установить критерии определения удароопасности [47-53]. Среди них геомеханический метод дискования керна является базовым [54,55]. Другие су-

ществующие и вновь вводимые методы, методики и критерии определения удароопасности в обязательном порядке должны быть сверены на сходимость с результатами базового метода для каждого месторождения [24]. При этом установленные количественные зависимости толщины дисков от уровня напряженности и вида напряженного состояния массива, представленные в «Методических указаниях ...» [26], являются универсальными для пород, склонных к горным ударам.

### 1.3. Прогноз удароопасности на рудных месторождениях Сибири

На рудных месторождениях сложилась трехуровневая схема прогноза горных ударов (рис. 1.10), которая предусматривает осуществление мероприятий, направленных на установление удароопасности месторождений, региональный прогноз удароопасности в пределах шахтного поля и локальный прогноз степени удароопасности отдельных участков рудного и породного массивов [17,33,56].



Рис. 1.10. Трехуровневая схема прогноза горных ударов на рудниках

Данная трехуровневая система сложилась на основе комплексного изучения вопросов геомеханического поведения массива в различных условиях ведения горных работ и включает:

- анализ горно-технических условий проявления горных ударов;
- изучение геодинамики и районирование месторождения;
- исследование процессов деформирования и сдвижения массива в зонах влияния очистных работ;
- определение механических свойств горных пород, в том числе запредельных характеристик, на образцах и в естественном залегании;
- оценку напряженности массива вокруг отдельных выработок, в зонах опорного давления и разгрузки, а также около тектонических нарушений различными методами;
- моделирование горных ударов, их условий и процессов;
- аналитические решения и расчеты;
- горно-экспериментальные работы.

Зарубежный опыт последних лет в основном ограничивается угольными месторождениями Китая и Польши [57-61] и базируется на изучении схожих отдельных вопросов, уделяя при этом основное внимание технологии отработки месторождений и механизму формирования горного удара, а не его прогнозу.

Прогноз удароопасности участков массива подразделяется на региональный и локальный [24-27,54,62,63]. С помощью регионального прогноза выделяют удароопасные зоны в пределах шахтных полей. Он учитывается на стадии проектирования планирования, ведения горных работ.

С помощью локального прогноза уточняется удароопасность массивов непосредственно в горных выработках.

Методы регионального и локального прогноза схематично представлены на рис. 1.11.

В предыдущем параграфе было отмечено, что метод дискования керна является базовым для регионального и локального прогнозов. Метод основан на зависимости толщины  $t$  выбуриваемых из скважин дисков от величины максимальных радиальных напряжений  $\sigma_{p1}$ . Чем больше  $\sigma_{p1}$ , тем интенсивнее процесс дискообразования. На основе зависимости  $t_{cp}/d_{duc} = f(\sigma_{p1}/\sigma_{сжс})$ , где  $d_{duc}$  - диаметр керна, м;  $\sigma_{сжс}$  - предел прочности на одноосное сжатие, построены номограммы для определения напряжений в максимуме зоны опорного давления. С достаточной достоверностью по этим зависимостям можно количественно оценивать напряженное состояние массива по разделению керна на диски и вне зоны опорного давления [24].

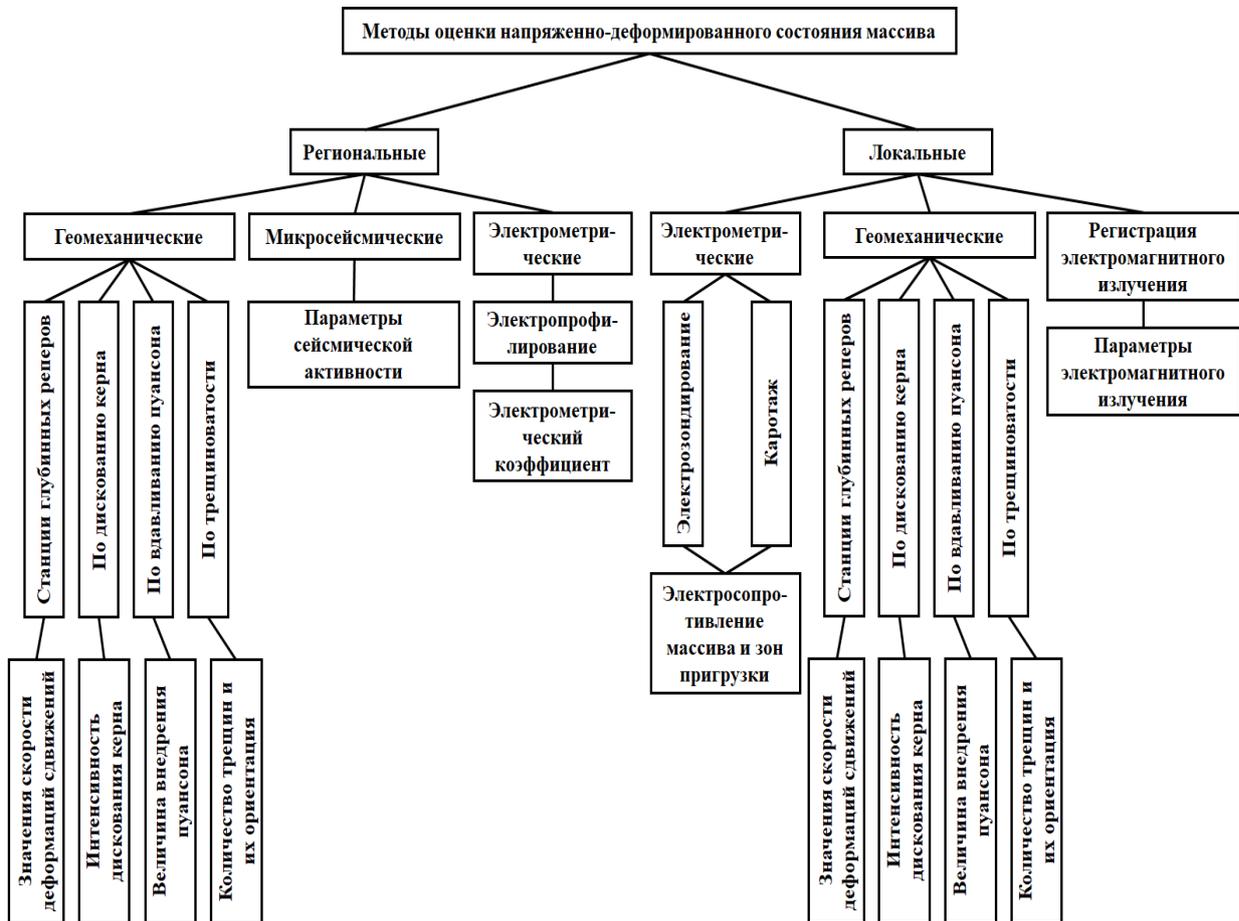


Рис. 1.11. Методы регионального и локального прогноза горных ударов

Для регионального и локального прогнозов «Инструкцией...» [25] рекомендуется разворачивать в пределах шахтного поля сейсмостанцию с подземными и

наземными павильонами с датчиками акустической эмиссии, имеющими проводную систему связи с сейсмостанцией.

Для Таштагольского месторождения была разработана статистическая автоматизированная база данных АБД «SEISMIC» [64], в которой хранится информация о дате, времени, координатах и величине энергии событий, регистрируемых сейсмостанцией.

В работе [65] проведен ретроспективный анализ и прогноз горных ударов по каталогу наблюдений сейсмостанции Таштагольского рудоуправления. При этом использовалась программное обеспечение АБД «SEISMIC». Показано, что прогноз горных ударов с энергией  $10^5$  Дж и выше по сейсмическим предвестникам с достаточной для практики точностью может быть достигнуто в будущем по мере накопления информации о сейсмических событиях.

В настоящее время на рудниках, в частности, на Таштагольском, для локального прогноза степени удароопасности участков массива, прилегающих к выработкам, осуществляется в основном методами электрометрии и методами регистрации естественного электромагнитного поля Земли [24-27,63].

Оценка напряженного состояния и степени удароопасности руды и вмещающих пород электрометрическими методами основана на закономерном росте либо уменьшении электросопротивления по мере увеличения напряжений и числа трещин под действием горного давления [56,66-68].

По данным электрометрических наблюдений на основе базового метода по дискретизации керна разработана номограмма для оценки категории удароопасности руд и вмещающих пород (рис. 1.12) [24].

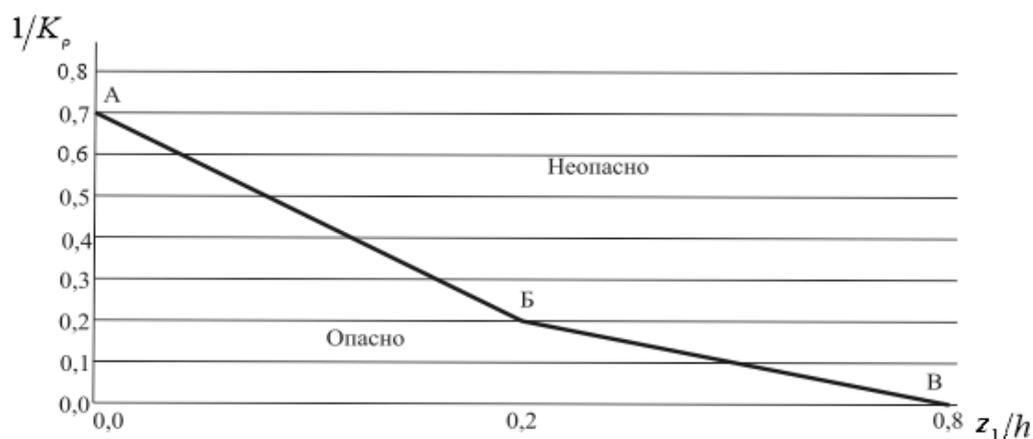


Рис.1.12. Номограмма для определения категории удароопасности руд и вмещающих пород по электрометрическим наблюдениям  
АБВ – линия, ниже которой показатель удароопасности соответствует динамическим проявлениям

Оценка удароопасности участка массива производится на основе измерений и расчета по формуле [24-27,63]:

$$1/K_\rho = f(z/h), \quad (1.1)$$

где  $z$  - расстояние до границы зоны упругого деформирования пород, м;  $h$  - максимальный размер выработки в области расположения электродов измерительной установки, м;  $K_\rho$  - параметр напряженности, косвенно отражающий концентрацию напряжений.

Параметр  $K_\rho$  определяется по кажущемуся электросопротивлению пород  $\rho_k$  (КУЭС). Определение  $\rho_k$  производится с помощью четырехэлектродной установки АМNB.

Величина КУЭС определяется по формуле [24,63]:

$$\rho_k = K \cdot \Delta U / I, \quad (1.2)$$

где  $K$  - коэффициент, учитывающий влияние выработки и геометрические размеры установки;  $\Delta U$  - измеряемая разность потенциалов между электродами MN, В;  $I$  - ток, измеряемый между питающими электродами АВ, А.

Наиболее оптимальные расстояния между питающими АВ и измерительными электродами MN для получения более полных сведений о состоянии массива, а

также соответствующий им коэффициент  $K$  для различных параметров выработок, определяется из специальных таблиц [24].

Методика наблюдений с помощью подземного электропрофилирования для оценки напряженного состояния массива заключается в следующем [24]. Для выявления удароопасных участков на протяжении 100 и более метров от зоны обрушения по профильным линиям производят определение значений кажущегося электрического сопротивления до начала ведения очистных работ как на уровне горизонта подсечки, так и на буровом горизонте до начала проведения технологических операций по образованию подсечки, отрезной щели, массового взрыва. Считается, что эти замеры соответствуют сопротивлению нетронутого массива, обозначаются  $\rho_{ni}$  и являются базовыми замерами исходного напряжённого состояния. При этом данные замеры рекомендуется выполнять в период минимума сейсмической активности.

После проведения какой-либо из перечисленных технологических операций замеры периодически повторяются при полном совпадении установки измерительных электродов в тех же самых пунктах наблюдения и обозначаются  $\rho_i$ .

Изменение уровня напряженного состояния участков массива определяют по разности измеренных значений, отнесенных к первоначально измеренной величине, по формуле

$$|\rho_i - \rho_{ni}| / \rho_{ni}, \quad (1.3)$$

Оценку степени удароопасности в выработках рекомендуется [24,63] проводить в два этапа. На первом этапе определяется электрометрический коэффициент удароопасности  $K_\rho^* = \rho_{cp} / \rho_n$ , где  $\rho_{cp}$  - среднее значение КУЭС для измерительного профиля целиком или каждого структурного блока,  $\rho_n$  - среднее значение КУЭС нетронутого массива (при неудароопасном состоянии). Значение  $K_\rho^*$  в этом случае как критерий удароопасности массива определяется согласно табл. 1.4.

Электрометрические критерии удароопасности массива на  
Таштагольском месторождении

Электрометрический коэффициент	Качественная характеристика удароопасности
$K_{\rho}^* < 0,1$	Состояние массива «Опасно», возможен горный удар (горно-тектонический удар)
$0,1 < K_{\rho}^* < 0,5$	Напряжения достаточны для проявления толчков с энергией $10^3 - 10^5$ Дж
$0,5 < K_{\rho}^* < 1$	Возможна локальная концентрация напряжений в выработках
$K_{\rho}^* > 1$	Массив разгружен, удароопасности нет

На втором этапе на участках профиля, где  $0,5 < K_{\rho}^* < 1$ , проводят измерения для определения параметра напряженности  $K_{\rho} = \rho_n / \rho_{\min}$ , где  $\rho_{\min}$  - КУЭС в зоне максимума опорного давления. Определение  $\rho_{\min}$  осуществляется либо путем электротзондирования данного участка, либо путем электропрофилирования скважины, пробуренной в борт выработки на данном участке [24]. Категория удароопасности затем определяют по номограмме, представленной на рис. 1.12.

Для оценки степени удароопасности отдельных участков необходимо определять не только  $\rho_{\min}$  и расстояние до зоны максимальных напряжений, но и протяженность высоконапряженного участка по длине выработки. Практика показала [69], что не всегда определение даже самой высокой категории удароопасности в какой-либо точке выработки связано с последующим возникновением горного удара.

При оценке степени удароопасности электрометрическим методом службами прогноза используется в качестве прогностических параметров на всех этапах прогноза измеренные в шахтных условиях в той или иной геомеханической обстановке значения КУЭС. При этом распределение КУЭС на участках измерений носит весьма сложный характер, что отражает существенную неоднородность геологической структуры изучаемого объекта [15,23]. Все используемые при прогнозе параметры, как правило, определяется как среднеарифметические значения результатов замеров КУЭС по измерительным профилям [24-27,70]. Следует отметить, что при

переходе на более глубокие горизонты достоверность прогноза горных ударов электрометрическими методами существенно снизилась [63].

С аналогичным характером распределения КУЭС в изучаемой среде сталкиваются также при решении ряда задач в электроразведке, например, при определении крутопадающих тел пластовой формы (рис. 1.13) [71]. Для интерпретации результатов замеров в таких многослойных средах целесообразно их разделять по мощности и последовательности чередования слоёв с различными УЭС в разрезе с последующим сведением любого многослойного массива к одно-, двух-, трёхслойным разрезам [71,72-74]. Определение сопротивления многослойной среды, при котором сопротивление эквивалентной среды с достаточной степенью приближения обеспечивает то же значения растекания тока, что в реальной и в реальной среде, требуется в методах малоглубинной электроразведки [75,76], в особенности при расчете параметров заземляющих устройств [77,78]. Таким образом, при усреднении результатов замеров следует иметь ввиду подходы, применяемые при решении аналогичных задач для многослойных сред.

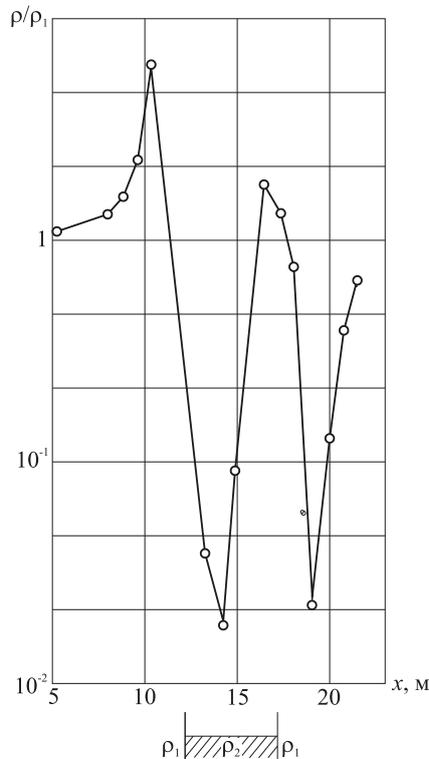


Рис. 1.13. Результаты замеров сопротивлений по профилю, проложенному над проводящим пластом

Для определения степени удароопасности массива на рудниках применяется также метод, основанный на регистрации естественных электромагнитных импульсов (ЕЭМИ). Физической основой применения метода регистрации ЕЭМИ является возникновение механоэлектрических эффектов в горных породах при действии механических напряжений. При напряжениях выше предела упругости горных пород происходит излучение из массива электромагнитных импульсов [79-82], по интенсивности или величине амплитуды которых судят о степени удароопасности массива [24-27,82,83].

Интенсивность ЕЭМИ оценивается по количеству сигналов электромагнитной эмиссии в регистрируемом диапазоне частот. Регистрация уровня ЕЭМИ производится примерно раз в месяц в капитальных горных выработках (квершлаг и штреки) при отключенных троллях и другом электрооборудовании (для исключения влияния электромагнитных помех, возникающих при работе электроустановок) [24].

Метод по возможности применяют в комплексе с реперными измерениями [24-27] для подтверждения процессов смещения или сдвижения блоков, слагающих массив вблизи подземных горных выработок. Сопоставив данные реперных измерений и замеренный уровень ЕЭМИ, с более высокой достоверностью судят о степени удароопасности массива.

При оценке степени удароопасности массива горных пород максимальная интенсивность ЕЭМИ для каждого пункта наблюдений сравнивается с критериальными значениями уровня ЕЭМИ, полученными опытно-экспериментальным путем для различных пород месторождения [24]. Вдоль профиля наблюдений выделяют зоны с разной категорией удароопасности.

Наиболее точным среди рассматриваемых методов является метод определяющий степень удароопасности массива по дискованию керна, однако у него большое количество недостатков, среди которых низкая оперативность и высокая стоимость. Также себя неплохо зарекомендовали станции глубинных реперов, кото-

рые позволяют отслеживать процессы смещения или сдвижения блоков относительно друг друга, но им также присуща низкая оперативность и высокая стоимость.

Электрометрические методы и метод ЕЭМИ по сравнению с другими являются наиболее оптимальными по соотношению достоверности, стоимости, оперативности и технологичности.

#### **1. 4. Выводы. Цель и задачи исследований**

Проведенный анализ литературы по проблеме прогноза удароопасности железорудных месторождений Сибири позволяет сделать следующие выводы:

1. Железорудные месторождения Сибири находятся в основном в геодинамически активном районе – Горной Шории и Хакасии. В процессе их разработки характерным является наличие динамических проявлений горного давления – горных ударов, толчков, микроударов и т.п.
2. С геологической точки зрения условия отработки месторождений являются сложными. Обусловлено это крутым падением рудных тел и вмещающих пород, пересечением их тектоническими разрывными и дизъюнктивными нарушениями, блоковой структурой с зонами растяжений, сжатий, надвигов, сдвигов.
3. Основными причинами формирования условий возникновения динамических явлений на этих месторождениях являются значительные тектонические нарушения, глубина горных работ, склонность руд и пород к хрупкому разрушению, сложные горно-геологические условия.
4. Прогноз удароопасности на рудных месторождениях в процессе их отработки осуществляется различными методами. В последние годы на постоянной основе для прогноза удароопасности используются методы регистрации естественного электромагнитного поля (ЕЭМП) и подземного электропрофилирования и электротондирования. При этом метод ЕЭМП используется в основном на рудных участках перед проведением взрывов, а методы подземного электропрофилирования и электротондирования используется для текущего прогноза и контроля удароопасности участков массива, прилегающих к подготовительным выработкам.

5. При подземных электрометрических измерениях оценка удароопасности ведется на основе определения изменений кажущего удельного электросопротивления (КУЭС). Важное значение при этом имеет определение среднего значения КУЭС для профиля целиком или каждого структурного блока. Особое внимание здесь нужно уделять тому, что проложенные измерительные профили в выработках представляют собой линию, пересекающую фактически крутопадающие породные слои.

6. На электрические параметры горных пород (в том числе КУЭС) сильное влияние оказывают наряду с давлением, влажность, температура и другие факторы. Основой этого влияния является установленная взаимосвязь электрических и упругих параметров горных пород. Поэтому важно уметь выделять в зафиксированных изменениях КУЭС вариации, связанные со структурными и локальными геодинамическими изменениями.

В связи с этим цель настоящей диссертационной работы заключается в совершенствовании метода прогноза удароопасности на железорудных месторождениях Сибири с учетом геологического строения массива на основе электропрофилирования, для повышения достоверности прогноза и безопасности ведения горных работ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить влияние геологического строения массива с электроизмерительным профилем в выработках на распределение КУЭС вмещающих пород;
2. Оценить влияние вариаций температуры и влажности в массиве на возможность возникновения низкочастотной дисперсии электропроводимости и диэлектрической проницаемости;
3. Разработать методику определения электрометрического коэффициента удароопасности с учетом геологического строения массива на основе электропрофилирования.

## 2. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАЖУЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ В КРУТОПАДАЮЩИХ СЛОИСТЫХ СРЕДАХ

### 2.1 Влияние геологического строения электропрофиля на распределение кажущегося электросопротивления пород

Как следует из предыдущей главы, в геологическом отношении железорудные месторождения Сибири имеют много общего. Углы падения рудных тел составляют, как правило,  $70-90^{\circ}$ . Вмещающая толща сложена также крутопадающими массивами скарна, сланцев, известняков, порфирита, сиенита и др. Дизъюнктивные тектонические нарушения ориентированы в основном вертикально.

Применяемое на рудниках для прогноза горных ударов электропрофилеирование проводится в выработках, ориентированных горизонтально. На рис.2.1 в качестве примера приведены геологические разрезы выработок Таштагольского рудника, построенные по данным геологической службы и в которых проложены электропрофили. Из рисунков видно, при проведении электропрофилеирования с контура горных выработок линия профиля пересекает границы различных по составу слоев пород и плоскости нарушений.

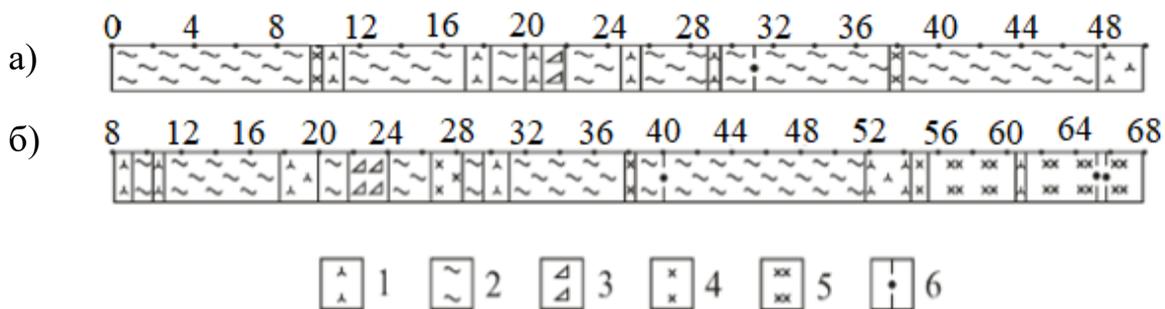


Рис. 2.1. Геологический разрез борта порожнякового (а) и грузового (б) квершлагов Таштагольского рудника

1 – сиенит; 2 – сланцы; 3 – дайка полевого шпата; 4 – диоритовая дайка;  
 5 – скарны; 6 – дизъюнктивные нарушения;  
 0-48, 8-68 – номера измерительных пикетов

Таким образом, измерительный электропрофиль представляет собой линию, перпендикулярную слоистости массива. Измерительная установка представляет собой четырехэлектродную линейную установку  $AMNB$  с разносом питающих электродов  $AB$  от 20 до 25 м. При таком разносе имеются участки профиля:

- 1) с одним вертикальным контактом;
- 2) с одиночным пластом;
- 3) со сближенными пластами.

### 2.1.1 Распределение КУЭС в окрестностях плоского вертикального контакта двух сред

Плоская граница в электрическом поле – одна из классических задач электро-разведки [66]. С такой задачей на практике приходится встречаться довольно часто. К плоским границам при измерениях относят, как правило, контакты пластов, плоскости нарушений, поверхность земли, являющаяся контактом проводящей земли и воздуха и т.п. В зависимости от расположения в пространстве источника поля, линии наблюдения и поверхности раздела различают модели горизонтального, вертикального и наклонного контактов.

В нашем случае целесообразно рассмотреть плоский вертикальный контакт двух сред в поле точечного источника (рис. 2.2). Слева залегают породы с УЭС  $\rho_1$ , справа -  $\rho_2$ . В точке  $A$  на линии измерительного профиля (ось  $z$ ) на расстоянии  $d$  от вертикального контакта находится точечный источник, с которого стекает ток  $I$ .

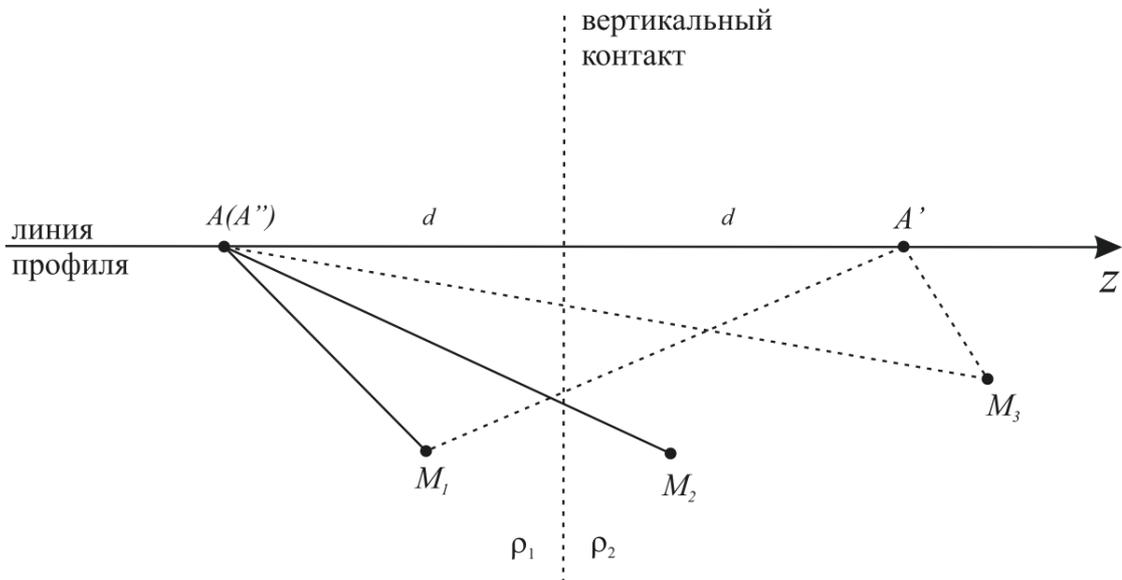


Рис. 2.2 Точечный источник вблизи вертикального контакта двух сред

Для исключения влияния границы земля-воздух всё нижнее полупространство отображается вверх, получая полное пространство, разделенное вертикальным контактом на две части с  $\rho_1$  и  $\rho_2$ . Решение проводится в цилиндрической системе

координат  $r, \varphi, z$ , где начало координат совмещено с положением источника в точке  $A$ , а ось  $z$  направлена перпендикулярно плоскости раздела сред. При этом электрическое поле не будет зависеть от угла  $\varphi$  из-за осевой симметрии.

Потенциальные функции в каждой среде  $U_1(r, \varphi)$  и  $U_2(r, \varphi)$  будут являться решениями уравнения Лапласа:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial r} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 0. \quad (2.1)$$

На вертикальном контакте уравнение (2.1) должно удовлетворять граничным условиям:

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= U_2; \\ \frac{1}{\rho_1} \cdot \frac{\partial U_1}{\partial z} &= \frac{1}{\rho_2} \cdot \frac{\partial U_2}{\partial z}. \end{aligned} \right\} \text{при } z = d. \quad (2.2)$$

В работах (66, 75, 84) задачи такого типа предлагается решать методом зеркальных отображений. Последовательность решения состоит в следующем:

1) всю левую часть пространства отображают вправо, получая целое пространство со средой с УЭС  $\rho_1$  и двумя источниками тока – действительным в точке  $A$  с током  $I$  и мнимым в точке  $A'$  с током  $I'$ . Потенциал в точке  $M_1(r, z)$  найдется в виде суммы потенциалов двух точечных источников:

$$U_1 = \frac{I\rho_1}{4\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}} + \frac{I'\rho_1}{4\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{r^2 + (2d - z)^2}}; \quad (2.3)$$

2) всю правую часть пространства отражают влево, получая целое пространство со средой с УЭС  $\rho_2$  и с одним фиктивным источником  $A''$  (совпадающим с точкой  $A$ ) с током  $I''$ . Потенциал в точке  $M_2(r_1, z_1)$  запишется в виде

$$U_2 = \frac{I''\rho_2}{4\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{r^2 + z_1^2}}; \quad (2.4)$$

3) определение токов  $I'$  и  $I''$  через первые производные от  $U_1$  и  $U_2$  по  $z$  и граничные условия на контакте (при  $z=z_1=d, 2d-z=d$  и  $r=r_1$ ):

$$\begin{cases} I' = I(\rho_2 - \rho_1)/(\rho_2 + \rho_1) = Ik_{1,2}; \\ I'' = I[1 - (\rho_2 - \rho_1)/(\rho_2 + \rho_1)] = I(1 - k_{1,2}), \end{cases} \quad (2.5)$$

где  $k_{1,2} = (\rho_2 - \rho_1)/(\rho_2 + \rho_1)$  - коэффициент отражения тока от контакта;

4) определение эффекта влияния контакта на поле со стороны второй среды находится путем перемещения источника  $A$  вместе с началом координат во вторую среду с расстоянием от контакта, равным  $d$ . Потенциал  $U_3(r_2, z_2)$  во второй среде в точке  $M_3(r_2, z_2)$  находится по аналогии с потенциалом в точке  $M_1$ . При этом коэффициент отражения со стороны второй среды равен  $k_{2,1} = (\rho_1 - \rho_2)/(\rho_1 + \rho_2) = -k_{1,2}$ .

Потенциалы и напряженность поля на поверхности полупространства (на оси  $z$  – профиле измерений) с учетом удвоения плотности тока (коэффициент эмиссии  $I\rho_1/4\pi$  заменится  $I\rho_1/2\pi$ ) и соотношений (2.5), полагая  $r=0$  (точка профиля по оси  $z$ ) и опуская индексы у  $z$ , при трех положениях питающего электрода  $A$  и точки наблюдения относительно контакта запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= \frac{I\rho_1}{2\pi} \cdot \left( \frac{1}{r} + \frac{k_{1,2}}{2d - z} \right), \\
 U_2 &= \frac{I\rho_1}{2\pi} \cdot \left( \frac{1 - k_{1,2}}{z} \right), \\
 U_3 &= \frac{I\rho_1}{2\pi} \cdot \frac{1 + k_{1,2}}{1 - k_{1,2}} \cdot \left( \frac{1}{z} - \frac{k_{1,2}}{2d + z} \right), \\
 E_1 &= -\frac{\partial U_1}{\partial z} = \frac{I\rho_1}{2\pi} \cdot \left[ \frac{1}{z^2} - \frac{k_{1,2}}{(2d - z)^2} \right], \\
 E_2 &= -\frac{\partial U_2}{\partial z} = \frac{I\rho_1}{2\pi} \cdot \left[ \frac{1 - k_{1,2}}{z^2} \right], \\
 E_3 &= -\frac{\partial U_3}{\partial z} = \frac{I\rho_1}{2\pi} \cdot \frac{1 + k_{1,2}}{1 - k_{1,2}} \cdot \left[ \frac{1}{z^2} - \frac{k_{1,2}}{(2d + z)^2} \right].
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

Формулы для напряженности поля по профилю можно использовать для определения кажущегося электросопротивления в точках измерительного профиля:

$$\frac{\rho_k}{\rho_1} = \frac{E}{E_1}, \tag{2.7}$$

где  $E = I\rho_1/2\pi z^2$  - напряженность поля в точках профиля, создаваемая питающим электродом  $A$ .

На основании трех последних формул в (2.6) и формулы (2.7) получаем формулы для расчета КУЭС при трех положениях трехэлектродной установки  $AMN$ ,  $B \rightarrow \infty$  относительно контакта [66]:

$$\begin{aligned}\frac{\rho_{k1}}{\rho_1} &= 1 - \frac{k_{1,2}}{(2d/z - 1)^2}; \\ \frac{\rho_{k2}}{\rho_1} &= 1 + k_{1,2}; \\ \frac{\rho_{k3}}{\rho_1} &= \frac{1 + k_{1,2}}{1 - k_{1,2}} \cdot \left[ 1 - \frac{k_{1,2}}{(2d/z + 1)^2} \right].\end{aligned}\tag{2.8}$$

При электропрофилировании выработок для прогноза удароопасности железорудных месторождений используется симметричная четырехэлектродная установка Шлюмберже  $AMNB$  [24,71]. Формулами (2.8) можно воспользоваться и в данном случае.

Как отмечается в работе [85], для всех линейных установок (все электроды таких установок расположены на одной линии) КУЭС в рассматриваемой среде будет мало отличаться друг от друга. Обусловлено это тем, что определение коэффициентов таких установок проводится по одной схеме.

Например, для четырехэлектродной установке  $AMNB$  один питающий электрод, например  $A$ , подключают к положительному полюсу источника тока, к другому, отрицательному - электрод  $B$ .  $\Delta U_{MN}$  от электрода  $A$  определяют по формуле [74,86]:

$$\Delta U_{MN} = \frac{I\rho_k}{2\pi} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} \right),\tag{2.9}$$

где  $MN \ll AM$ ;  $MN \ll AN$ .

По ней же определяют  $\Delta U_{MN}$  от отрицательного полюса  $B$ , заменив в ней  $A$  на  $B$  и  $I$  на  $(-I)$ . Тогда, используя принцип суперпозиции, получим для приемных электродов:

$$\Delta U_{MN} = U_M + U_N = (U_{AM} + U_{BM}) - (U_{AN} + U_{BN}) = \frac{I\rho_k}{2\pi} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right). \quad (2.10)$$

Формула (2.10) имеет одинаковый вид для всех остальных линейных установок. Учитывая, что для симметричной установки Шлюмберже  $AM = BN$ ,  $\rho_k$  будет вычисляться по формуле:

$$\rho_k = \frac{\pi \cdot AM \cdot AN}{MN} \cdot \frac{\Delta U_{MN}}{I}, \quad (2.11)$$

где  $\frac{\pi \cdot AM \cdot AN}{MN} = K$  - коэффициент установки.

В качестве примеров рассмотрим влияние контактов двух сред на участках профиля шахтных измерений порожнякового (рис. 2.1, а, пикеты 34 – 40, контакт сланцев и диорита) и грузового (рис. 2.1, б, пикеты 48 – 54, контакт сланцев и сиенита) кваршлагов на распределение кажущегося электросопротивления. Результаты расчетов по формулам (2.8) и замеров КУЭС на этих участках приведены на рис. 2.3 и 2.4.

Формулы (2.8) позволяют решить обратную задачу, то есть найти УЭС пород  $\rho_1$  и  $\rho_2$ . Сопоставление отношений  $\rho_2/\rho_1$ , принятых в моделях (1.4 в первом случае и 1,9 – во втором) с результатами такого вычисления (1,41 и 1,89) говорит о расхождении результатов в пределах погрешности вычислений.

Анализ результатов расчетов и экспериментальных измерений КУЭС в окрестности контакта двух сред показывает хорошее качественное совпадение с теоретическими кривыми 3, что свидетельствует о нахождении в процессе измерений источника тока относительно контакта во второй среде. Теоретические кривые 2 (источник находится в первой среде) значительно отличаются от экспериментальных кривых 4. Из этого следует, что при проведении повторных регулярных измерений на постоянном токе необходимо строго соблюдать не только местоположение приемных и питающих электродов, но и строго соблюдать полярность последних.

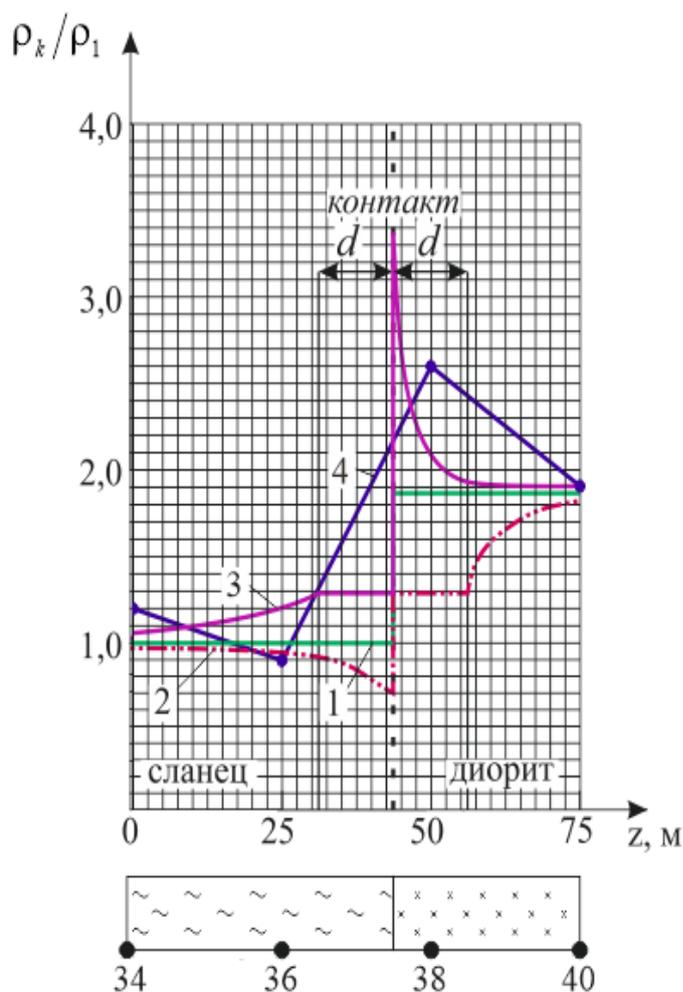


Рис. 2.3 Распределение КУЭС над контактом сланцев ( $\rho_1$ ) и диорита ( $\rho_2$ )  
 1 – модель удельных сопротивлений; 2 – теоретический график КУЭС (источник находится в первой среде); 3 – теоретический график КУЭС (источник находится во второй среде); 4 – измеренные значения КУЭС;  
 34 - 40 – номера измерительных пикетов

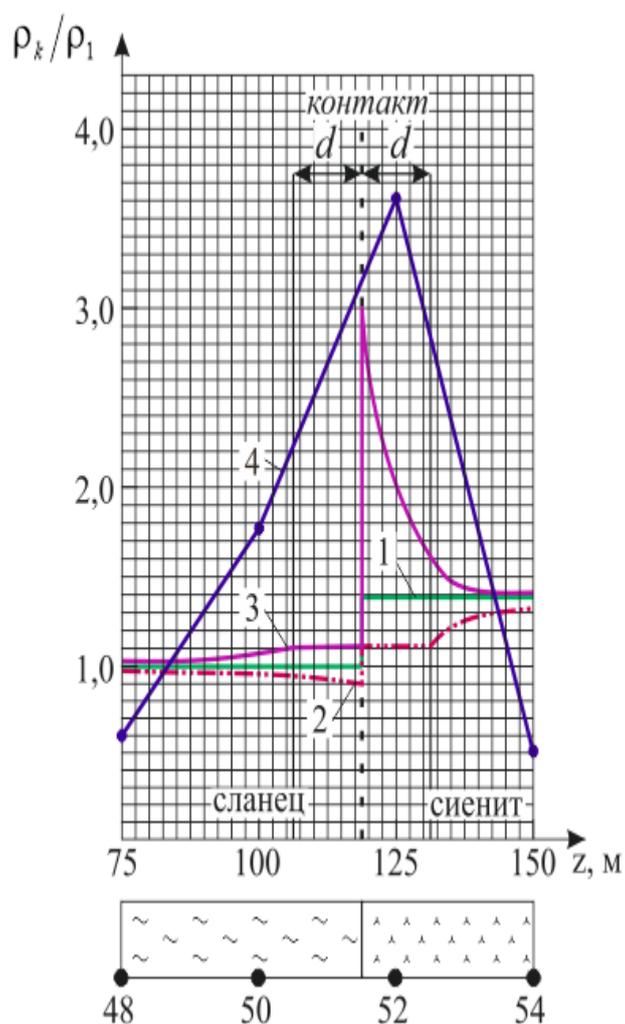


Рис. 2.4 Распределение КУЭС над контактом сланцев ( $\rho_1$ ) и сиенита ( $\rho_2$ )  
 1 – модель удельных сопротивлений; 2 – теоретический график КУЭС (источник находится в первой среде); 3 – теоретический график КУЭС (источник находится во второй среде); 4 – измеренные значения КУЭС;  
 48-54 – номера измерительных пикетов

В первом приближении оценивать совпадение результатов теоретических расчетов и натуральных измерений в работе [66] предлагается по коэффициенту отражения:

$$k_{1,2} \approx (\rho_{k \max} - \rho_{k \min}) / (\rho_{k \max} + \rho_{k \min}). \quad (2.12)$$

В первом случае (рис. 2.3)  $k_{1,2} = 0,33$  (для модели – 0,17), во втором (рис. 2.4) –  $k_{1,2} = 0,48$  (для модели – 0,31). Относительная погрешность составляет соответственно 48% и 35%.

Более точная оценка относительной погрешности несовпадения экспериментальной  $\rho_k^{\text{э}}$  и теоретической  $\rho_k^T$  кривых получается по формулам среднеквадратической погрешности, используемых при расчетах невязки (расхождения) экспериментальных и теоретических кривых электрозондирования [87]:

$$\delta = \sum_{i=1}^n \left( 1 - \frac{\rho_{ki}^T}{\rho_{ki}^{\text{э}}} \right)^2, \quad (2.13)$$

где  $i$  – номера точек измерений в окрестностях контакта.

Расчеты по этим формулам делают значения погрешностей 26% (рис. 2.3) и 11,6% (рис. 2.4), что свидетельствует об адекватности выбранной модели натурным данным. Большой точности совпадения теоретической и экспериментальных кривых могло бы способствовать увеличение частоты измерительных пикетов в окрестности контакта.

Рассмотренная модель вертикального контакта двух проводящих сред хорошо объясняет эффект перехода питающего электрода через границу. Если приемные и питающие электроды находятся в среде  $\rho_1$  (включая границу раздела), то  $\rho_k$  вычисляется по первой формуле из (2.8). Если они находятся в разных средах, то  $\rho_k$  вычисляется по второй формуле из (2.8), то есть  $\rho_k$  в этой ситуации не зависит ни от размеров установки, ни от её положения относительно контакта. Объяснить это можно следующим образом. Маленькие разносы питающей линии характеризуются сферической структурой поля. При приближении питающего электрода к контакту при  $\rho_2 > \rho_1$  всё большая часть тока будет отражаться от контакта в сторону приёмных электродов, достигая максимума в момент попадания питающего электрода на границу.

В дальнейшем при переходе питающего электрода через контакт КУЭС не зависит от положений электродов и равно константе. Это явление в работе [88] объясняется симметрией функции Грина для подобной среды и сферическим расхождением тока после преломления на границе (в этом случае нормирование поля к плотности тока в однородной среде приводит к постоянству  $\rho_k$ ). Таким образом, наблюдаемое на практике распределение КУЭС в окрестности контакта двух сред отражает лишь свойство среды преломлять электрический ток на границе раздела этих сред.

Наряду с измерениями на постоянном токе при проведении шахтных исследований (в том числе при прогнозе и контроле удароопасности массивов) используется низкочастотная аппаратура. Ограничение на использование моделей постоянного электрического поля при расчетах поля переменного тока формально обусловлено тождественностью структур этих полей, определяемой соотношением величин разности измерительной установки и длины волны в среде на рабочей частоте [66,67]. Определение погрешности использования результатов измерений низкочастотной аппаратурой на частотах в диапазоне 4 – 4000 Гц в моделях поля постоянного тока проведено в работе [89]. Получено, что погрешность отношения напряженности переменного поля к напряженности постоянного тока, рассчитанного по известным формулам этих моделей в одних и тех же точках однородного полупространства с заземленным диполем на его поверхности, не превышает 4%. При этом увеличение частоты не приводит к изменению погрешности до тех частот, на которых начинает сказываться влияние диэлектрической проницаемости.

### **2.1.2 Распределение КУЭС вдоль профиля над пластом и сближенными пластами**

Рассмотрим модель неоднородной среды, представляющей полупространство, состоящее из нескольких крутопадающих пластов, разделенных плоскими границами. Если расстояние между ними превышает размеры измерительной уста-

новки  $AB$ , то задача сводится к рассмотрению влияния одиночного контакта на распределение КУЭС. В ином случае необходимо учитывать экранирующее влияние соседних границ.

Представим заданное полупространство, разделенное плоскими границами, в виде  $i$  слоёв с различными УЭС  $\rho_i$  (рис. 2.5). Будем считать, что крайние слои имеют неограниченную мощность, а точечный электрод  $A$ , с которого стекает ток  $I$ , находится на некотором расстоянии  $z_1$  от первого контакта.

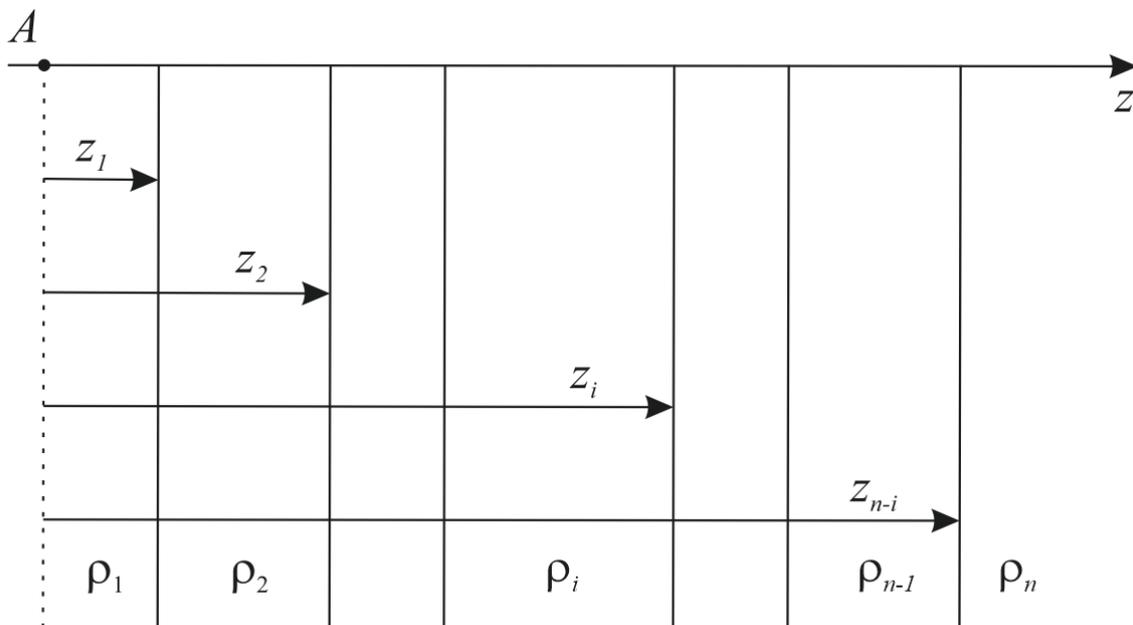


Рис. 2.5 Точечный источник в вертикально-слоистой среде

Начало цилиндрической системы координат  $(r, \varphi, z)$  совмещаем с точкой  $A$ , ось  $z$  направляем по нормам к границам раздела. Расстояние от точки  $A$  до границ обозначим  $z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_{n-1}$ , где  $n$  – число слоёв в среде. Из-за осевой симметрии потенциалы в слоях  $U_i$  будут зависеть только от переменных  $r$  и  $z$  ( $dU/d\varphi = 0$ ). Решение задачи в работе [66] предлагается проводить при следующих условиях:

1) потенциал  $U_1$  в первой среде представляется в виде двух слагаемых: потенциала  $U_0$  точечного источника в окрестности питающего электрода и потенциала  $U'_1$ , определяющего искажающего влияние границ раздела, то есть

$$U_1(r, z) = U_0(r, z) + U'_1(r, z), \text{ где} \quad (2.14)$$

$$U_0(r, z) = \frac{I\rho_1}{2\pi\sqrt{r^2 + z^2}} = \frac{c_1}{\sqrt{r^2 + z^2}}; \quad (2.15)$$

2) потенциальные функции в каждом слое, в том числе и  $U_1'(r, z)$ , всюду конечны, в бесконечно удаленных точках обращаются в нуль и удовлетворяют уравнению Лапласа:

$$\frac{\partial^2 U_i}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial U_i}{\partial r} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial z^2} = 0; \quad (2.16)$$

3) граничные условия (поверхности раздела не поляризуются и на них не возникают контактные электродвижущие силы) при  $z = z_i$ :

$$\left. \begin{aligned} U_i &= U_{i+1}; \\ \frac{1}{\rho_i} \frac{\partial U_i}{\partial z} &= \frac{1}{\rho_{i+1}} \frac{\partial U_{i+1}}{\partial z} \end{aligned} \right\} i = 1, 2, \dots, n-1. \quad (2.17)$$

Интегрирование уравнения Лапласа (2.16) производится известным методом разделения переменных (метод Фурье) [90]. Общее решение уравнений записывается в виде суммы частных решений уравнений, полученных в процессе разделения переменных – обычного уравнения Бесселя и обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка:

$$U_i(r, z) = \int_0^{\infty} (a_i e^{-mz} + b_i e^{mz}) I_0(mr) dm, \quad (2.18)$$

где  $I_0(mr)$  – функция Бесселя нулевого порядка первого рода;  $m$  – переменная интегрирования (частота повторяемости цилиндрической функции на единицу длины);  $a_i, b_i$  – неизвестные коэффициенты.

Потенциал  $U_0(r, z)$  (2.15) по формуле Вебера-Липшица разлагается в интеграл Фурье по цилиндрическим гармоникам:

$$U_0(r, z) = \int_0^{\infty} c_1 e^{-mz} I_0(mr) dm, \quad (2.19)$$

Тогда

$$U_1(r, z) = \int_0^{\infty} [(c_1 + a_1')e^{-mz} + b_1'e^{mz}] I_0(mr) dm = \int_0^{\infty} (a_1 e^{-mz} + b_1 e^{mz}) I_0(mr) dm. \quad (2.20)$$

Таким образом, потенциальные функции в первом и последующих слоях имеют одинаковую структуру.

Градиент потенциала по  $z$  будет иметь вид:

$$\frac{\partial U_i}{\partial z} = \int_0^{\infty} (-a_i e^{-mz} + b_i e^{mz}) m I_0(mr) dm. \quad (2.21)$$

Формулу связи коэффициентов  $a_i$  и  $b_i$  можно найти, воспользовавшись граничными условиями (2.17). На границе каждого слоя при  $z = z_i$  соблюдается непрерывность потенциалов и нормальных составляющих плотности тока (для всех  $r$  на протяжении всей границы). Поэтому равенство интегралов (2.18) и (2.21) заменяют равенством подынтегральных выражений:

$$\left. \begin{aligned} a_i e^{-mz} + b_i e^{mz} &= a_{i+1} e^{-mz_i} + b_{i+1} e^{mz_i}; \\ a_i e^{-mz_i} - b_i e^{mz_i} &= \frac{\rho_i}{\rho_{i+1}} (a_{i+1} e^{-mz_i} - b_{i+1} e^{mz_i}) \end{aligned} \right\} i = 1, 2, \dots, n-1. \quad (2.22)$$

Формулы (2.22) определяют формулу связи коэффициентов  $a_i$  и  $b_i$  с параметрами слоистой среды.

Решив систему уравнений (2.22) и определив соответствующие коэффициенты  $a_i$ ,  $b_i$ , можно получить выражения для вычисления потенциалов и их градиентов во всех пластах. Полученные выражения представляют собой несобственные интегралы, содержащие функции Бесселя.

Применительно к электроразведке существует множество алгоритмов вычисления таких интегралов. Основные из них базируются на применении математических фильтров [91]: на интерполяции полиномом не всей подынтегральной функции, а лишь медленно меняющегося сомножителя с последующим вычислением получившихся интегралов в аналитическом виде [72]; на сведении несобственного интеграла к ряду, членами которого являются интегралы по интервалам, расположенными между корнями функции Бесселя, с последующим суммированием этого

ряда по методу Эйлера [73]; на аналитическом продолжении подынтегральной функции вещественной переменной интегрирования в комплексную плоскость и выбором в ней оптимального в вычислительном отношении пути интегрирования [74].

Каждый из перечисленных алгоритмов имеет свой диапазон действия по величине разноса. При этом в них в той или иной мере преодолеваются сложности вычисления данных несобственных интегралов – наличие осциллирующей и слабозатухающей функции Бесселя, бесконечный предел интегрирования, большое число различных значений параметра  $m$ . Применительно к нашему случаю (небольшие по сравнению с электроразведочными работами разносы электродов) целесообразно использовать метод расчета потенциала точечного источника тока в многослойной плоскопараллельной модели среды, предложенный в работах [92-95]. Аппроксимацию подынтегральной функции  $\Phi = ae^{-mz} + be^{mz}$  проводят здесь экспоненциальным многочленом по методу Прони [96,97], что позволяет произвести взятие несобственного интеграла, используя тождество Вебера-Липшица [98]:

$$\Phi = \int_0^{\infty} \Phi(m, z_0, z) I_0(mr) dm = \int_0^{\infty} I_0(mr) \sum_{s=1}^N A_s e^{-mB_s} dm \cong \sum_{s=1}^N \frac{A_s}{\sqrt{r^2 + B_s^2}}, \quad (2.23)$$

где  $N$  – старшая степень аппроксимирующего многочлена, соответствующая количеству слоев исследуемой модели среды;  $A_s, B_s$  – коэффициенты аппроксимации;  $r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$ ;  $x, y, z$  – координаты расчетной точки;  $x_0, y_0, z_0$  – координаты источника тока.

Алгоритм расчета коэффициентов аппроксимации  $A_s$  и  $B_s$  предложен в работе [92]. Этот алгоритм реализован в виде вычислительной программы в работе [99], содержащей серию таких программ по определению значений специальных функций и их аппроксимаций на языке *JavaScript*, поддерживаемого практически всеми современными интернет-браузерами.

Недостатком *JavaScript* является отсутствие вывода на монитор графической информации и построения графиков, но вывод данных и результатов расчета в форме таблиц или текстового файла не представляет затруднений.

Описанный способ расчета оправдывается значительным (до 30 [94,97]) сокращением членов ряда. При этом, как показано в работе [100] метод Прони, основанный на использовании детерминированной экспоненциальной модели, является эффективным и устойчивым при расчете потенциала точечного источника тока в многослойной среде.

С помощью данной программы проведены расчеты распределения КУЭС на участках измерительного профиля по грузовому квершлагу. Участок профиля между пикетами 50 – 64 можно рассматривать как измерения в окрестности пласта из сланца, находящегося в скарновом массиве (рис. 2.8), а участок профиля между пикетами 12 – 26 – как участок со сближенными пластами из сиенита и полевого шпата в сланцевом массиве. При проведении расчетов учтено, что для первого случая в формулах (2.22)  $i = 1, 2$ ,  $a_i = I \rho_1 / 2\pi$ ,  $b_3 = 0$ , а для второго случая –  $i = 1, 2, 3$ ,  $a_i = I \rho_1 / 2\pi$ ,  $b_4 = 0$ .

Результаты расчетов и экспериментальные данные КУЭС для профиля измерений (вдоль оси  $z$  при  $r = 0$ ) приведены на рисунках 2.8 и 2.9.

Оценку расхождения теоретических и экспериментальных кривых проведем по формуле 2.14. В первом случае (рис. 2.8) относительная погрешность несовпадения кривых составляет 33%, во втором (рис. 2.9) – 36%. Уменьшения погрешности можно было бы достичь, если бы частота измерительных пикетов была бы больше. Кроме того, по форме теоретические кривые в основном идентичны кривым, полученным в предыдущем параграфе для одиночного контакта двух сред. Это можно объяснить так же, как в работе [66] – разном применяемых измерительных установок для профилирования. Если расстояние между плоскими границами, делящими массив на пласты, превышает размеры измерительных установок, то задача сводится к выделению одиночных контактов. В приведенных примерах при проведении экспериментальных замеров расстояние  $AB$  составляет 20 – 25 м, а мощность рассматриваемых пластов – 25 – 30 м. Тогда решение (2.18) и (2.22) при  $z_2 > z_1$  ( $i = 1$ ,  $a_i = I \rho_1 / 2\pi$ ,  $b_2 = 0$ ) сводится к задаче о контакте двух сред.

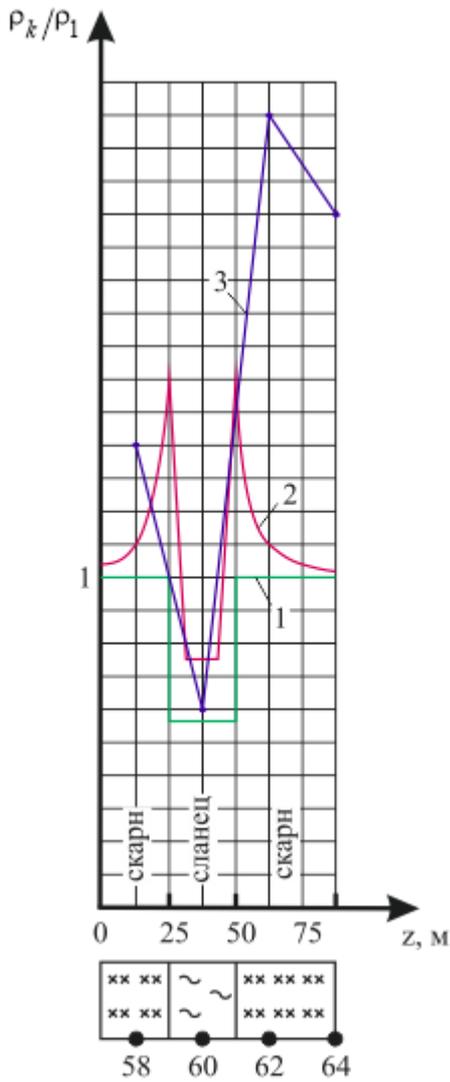


Рис. 2.8. Распределение КУЭС над пластом из сланца ( $\rho_1$ ) в скарне ( $\rho_2$ )  
 1 – модель удельных сопротивлений; 2 – теоретический график КУЭС; 3 – измеренные значения КУЭС;  
 58-64 – номера измерительных пикетов

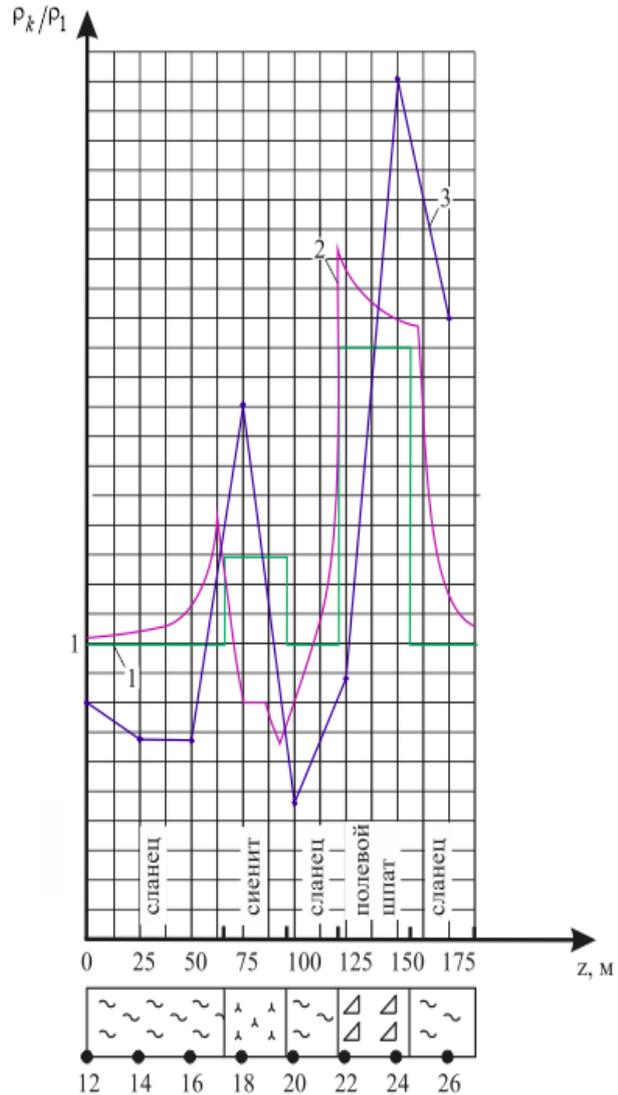


Рис.2.9. Распределение КУЭС над сближенными в сланце ( $\rho_1$ ) пластами из сиенита ( $\rho_2$ ) и полевого шпата ( $\rho_3$ )  
 1 – модель удельных сопротивлений; 2 – теоретический график КУЭС; 3 – измеренные значения КУЭС;  
 12-26 – номера измерительных пикетов

## 2.2 Определение среднего кажущегося электросопротивления слоистого массива по профилю измерений

Из предыдущих параграфов следует, что наличие большого количества вертикальных или крутопадающих контактов между породами, слагающих массив во-

круг горных выработок, линии электропрофиля, пролагаемых по их бортам, пересекают множество достаточно четко выраженных вертикальных (крутопадающих) породных слоёв. При протекании электрического тока или распространении электромагнитных волн через слоистую среду на контактах слоёв наблюдаются явления отражения и преломления, что влияет на характер распределения КУЭС вдоль измерительного профиля.

Рассмотрим полупространство с  $n$  вертикальными слоями (рис. 2.10).

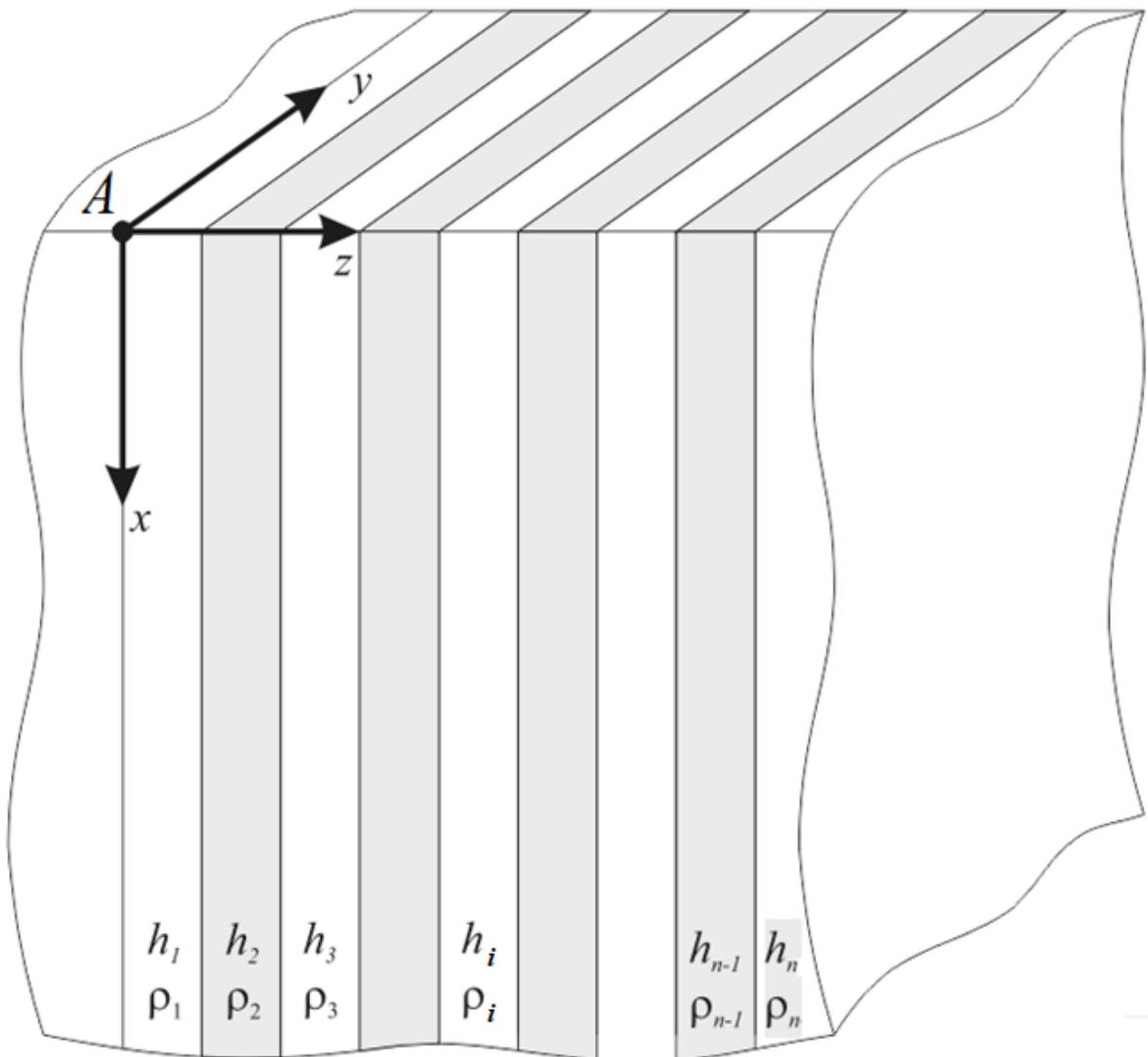


Рис. 2.10 Модель однородного анизотропного полупространства с вертикальным падением слоев

Для поля постоянного тока в среде справедлив закон Ома в дифференциальной форме:

$$\operatorname{div}(\sigma \vec{E}) = 0, \quad (2.24)$$

где  $\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{pmatrix}$  – тензор проводимости.

Направим координатные оси следующим образом. Ось  $z$  – горизонтально вкрест слоям (профиль измерений), оси  $x$  и  $y$  – вертикально и горизонтально вдоль слоистости. Тогда  $\sigma_{xy} = \sigma_{xz} = \sigma_{yx} = \sigma_{yz} = \sigma_{zx} = \sigma_{zy} = 0$  [86], а  $\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \sigma_l$ ,  $\sigma_{zz} = \sigma_n$ . Здесь  $\sigma_l$  и  $\sigma_n$  – соответственно проводимости вдоль слоев и поперек слоев.

Таким образом выражение (2.24) можно представить в виде:

$$\sigma_l \left( \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} \right) + \sigma_n \frac{\partial E_z}{\partial z} = 0. \quad (2.25)$$

С учетом того, что  $\sigma = \frac{1}{\rho}$ , где  $\rho$  – УЭС, перейдем от выражения (2.25) к выражению:

$$\frac{1}{\rho_l} \left( \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho_n} \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 0, \quad (2.26)$$

где  $U$  – потенциал поля точечного источника.

Если положить  $\xi = \sqrt{\rho_l} x$ ,  $\eta = \sqrt{\rho_l} y$ ,  $\zeta = \sqrt{\rho_n} z$ , то уравнение (2.26) приводится к виду уравнения Лапласа:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial \zeta^2} = 0, \quad (2.27)$$

Потенциал поля точечного источник, находящегося на поверхности такой среды, будет равен:

$$U = \frac{C}{\sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}} = \frac{C}{\sqrt{\rho_l(x^2 + y^2) + \rho_n z^2}}, \quad (2.28)$$

где  $C$  – постоянная интегрирования.

Её можно определить, исходя из уравнения  $I = \int_S j dS$ , где  $j$  – плотность тока:

$$C = \frac{I}{2\pi} \sqrt{\rho_{xx} \rho_{yy} \rho_{zz}} = \frac{I}{2\pi} \rho_l \sqrt{\rho_n}.$$

Таким образом, окончательное выражение для потенциала точечного источника, расположенного на поверхности среды с вертикальными контактами:

$$U = \frac{I\rho_l\sqrt{\rho_n}}{2\pi\sqrt{\rho_l(x^2 + y^2) + \rho_n z^2}}. \quad (2.29)$$

Если слои пород между вертикальными контактами однородны и изотропны, то УЭС в каждом слое не зависит от направления слоистости:  $\rho_l = \rho_n = \rho$ . Тогда потенциал в каждом слое запишется следующим образом:

$$U = \frac{I\rho}{2\pi\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}. \quad (2.30)$$

Для потенциальных установок кажущееся сопротивление определяется по формуле:

$$\rho_k = \frac{E}{I} 2\pi r^2, \quad (2.31)$$

где  $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ ,  $E = -\frac{\partial U}{\partial r}$ .

Тогда из (2.30) и (2.31) следует, что  $\rho_k = \rho$ , то есть кажущееся сопротивление, измеренное в каждом слое, представляет собой удельное сопротивление этого слоя. Таким образом, массив, изображённый на рис. 2.10, можно представить как чередование вертикальных однородных изотропных слоев пород. Если сопротивление  $i$  – го слоя равно

$$R_i = \rho_{ki}/h_i, \quad (2.32)$$

то весь слоистый массив можно представить как параллельное соединение  $n$  резисторов с сопротивлением  $R_i$  каждого слоя. Тогда общее (эквивалентное) сопротивление массива  $R_{э\text{кв}}$  будет равно:

$$\frac{1}{R_{э\text{кв}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}. \quad (2.33)$$

С учетом (2.32) формула (2.33) примет вид:

$$\rho_{k(\text{экв})} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\frac{h_1}{\rho_{k1}} + \frac{h_2}{\rho_{k2}} + \dots + \frac{h_i}{\rho_{kn}}}. \quad (2.34)$$

Аналогичный подход учёта количества слоёв и замены их множества одним эквивалентным используется в теории заземляющих устройств, особенно при проектировании систем заземления и молниезащиты [78,99,101]. Пристальное внимание к этому обусловлено тем, что надёжность этих систем в основном определяется надёжностью конструкции самого заземлителя, обеспечивающего растекание его тока в многослойной модели грунта [101] (растекание тока в среде существенно зависит от сопротивления этой среды).

Верхние слои электрической структуры среды (зона размещения электродов) заменяются одним эквивалентным слоем, все глубже лежащие слои заменяются вторым эквивалентным слоем. При этом значение эквивалентного сопротивления такой двухслойной электрической структуры находится по формуле, подобной формуле (2.34):

$$\rho_{k(\text{экв})} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\frac{h_1}{\rho_{k1}} + \sum_{i=2}^n \frac{h_i}{\rho_{ki}}}. \quad (2.35)$$

Иногда при проведении профилирования в выработках имеет место перекрытие участков измерений разносами  $AB$  электродов, то есть, например, при расстоянии между измерительными пикетами 20 м разное питающих электродов  $AB$  составляет 25 м. Тогда участок профиля 2,5 м дважды участвует в измерениях в смежных пикетах. Для исключения двукратного учета сопротивления таких участков формула (2.35) переписывается следующим образом:

$$\rho_{k(\text{экв})} = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i - h_0)}{\frac{h_1}{\rho_{k1}} + \sum_{i=2}^n \frac{(h_i - h_0)}{\rho_{ki}}}, \quad (2.36)$$

где  $h_0$  – размер участков перекрытия, м.

В качестве примеров использования формул (2.35,2.36) рассмотрим участки измерений из предыдущего параграфа (рис 2.8, 2.9). Сравнение результатов расчетов  $K_\rho$  по  $\rho_{cp}$  как среднеарифметического по профилю (согласно методике из «Указаний...» [24]) и  $\rho_{k(экв)}$  как эквивалентного показывает, что значения  $K_\rho$  снижаются на 15% для первого и 25% для второго случая.

Продemonстрируем также применение формулы (2.35) на конкретном примере профиля в Юго-Восточном полевом штреке, где регулярно проводились наблюдения электрометрическим методом. После проведения массового взрыва 28.12.14 года по 10.01.15 года в окрестности штрека в массиве произошла серия из 152 сейсмических событий со 2-го по 4-ый энергетический класс. Электропрофилирование в штреке было проведено накануне, а именно 23.12.2014 года. Службой прогноза рудника по результатам этого измерения определен согласно действующим «Указаниям...»[24] электрометрический коэффициент  $K_\rho$  по среднеарифметическим значениям  $\rho_{cp}$ . Полученное значение  $K_\rho$  составило 1,4, что говорило о разгруженности массива и отсутствии удароопасности. Однако, 28.12.14 года сразу же после массового взрыва зафиксировано порядка 87 сейсмических события. Это послужило основанием для внепланового проведения очередных измерений 29.12.14 года в том же штреке. В результате определения  $K_\rho$  таким же способом нагруженности массива в окрестности штрека не установлено. Между тем 02.01.15 зафиксировано проявление толчков с энергией  $10^3 - 10^5$  Дж.

С использованием формулы (2.35) произведен перерасчет  $K_\rho$  для замеров проведенных 23.12.14 и 29.12.14. Получены значения  $K_\rho$ , соответственно равные 0,5 и 0,6. Это говорит о том, что напряжения в массиве на самом деле достигли величины, достаточной для проявления в последующем толчка с энергией  $10^3 - 10^5$  Дж, что соответствовало реально наблюдаемому событию. Более подробный пример проведенных расчетов приведен в Приложении Б.

Аналогичный результат был получен на примере профиля в порожняковом кваршлагае [102], где 09.04.2010 года в окрестности близлежащего орта в массиве

произошло сейсмическое событие энергией  $10^3$  Дж. В результате этого произошел вывал с кровли забоя восточного борта объемом  $7,5\text{м}^3$ . Перерасчет  $K_\rho$ , произведенный по электрометрическим данным с использованием определения  $\rho_{cp}$  по формуле (2.36), полученным накануне (05.04.10) дал его значение, равное 0,42. Это соответствует напряжениям в массиве, достаточным для проявления толчка с энергией  $10^3 - 10^5$  Дж, что реально и произошло.

Можно сделать вывод, что формулы (2.35) и (2.36) перспективны в качестве их использования для определения  $\rho_{cp}$  и  $K_\rho$ .

### 2.3. Выводы

1. Контакт двух сред существенно влияет на распределение КУЭС по профилю измерений. Отражение тока от контакта отклоняет значения КУЭС от истинного УЭС тем больше, чем больше электрический контраст контактирующих сред.

2. Наличие вертикального пласта и сближенных пластов по профилю измерений так же отражается на характере распределения КУЭС вдоль него. Однако, размер применяемой на рудниках измерительной установки, сопоставимый с мощностью этих пластов, незначительно влияет на особенности распределения КУЭС вдоль профиля. Их влияние ограничивается влиянием их поверхностей как контактов двух сред.

3. Массив, пересекаемый измерительным профилем, можно рассматривать как массив, разбитый контактами сред на вертикальные слои.

4. Определение среднего значения КУЭС по профилю измерений целесообразно определять как эквивалентное КУЭС вертикально слоистого массива с учетом мощностей слагаемых его слоев.

5. При проведении регулярных повторных измерений на постоянном токе на участках массива необходимо четко соблюдать не только местоположение электродов  $A, M, N, B$ , но и их полярность.

### **3. ВЛИЯНИЕ НА КАЖУЩЕЕСЯ УЭС ПОРОД ВАРИАЦИЙ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ, ВЛАГОНАСЫЩЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ПОРОД**

С точки зрения геоэлектрических исследований степень удароопасности участков массивов горных пород может проявляться высокоомными или низкоомными аномалиями, основные характеристики которых определяются по пространственному распределению в массиве кажущегося электросопротивления, являющегося функцией УЭС как при проведении электротондирования, так и электропрофилирования. В этих методах пространственное распределение кажущегося УЭС определяют по регистрации тока, напряжения или напряженности электрического поля применяемых электроустановок. Возникновение электрических аномалий может быть обусловлено влиянием многочисленных факторов, основными из которых наряду с геологическими являются вариации напряженного состояния, влагонасыщения и температуры пород.

#### **3.1. Влияние механических напряжений на УЭС руды и вмещающих пород**

Для изучения закономерностей и диапазонов изменения УЭС горных пород при их нагружении проведены лабораторные измерения. Подготовка образцов и обработка данных проводилась в соответствии с ГОСТ 25494-82 [103]. Данный стандарт распространяется на твердые горные породы и устанавливает метод определения удельного электрического сопротивления постоянному току для оценки состояния массивов горных пород и элементов горных выработок, а также для геофизических исследований.

Для исследований были отобраны образцы керна различных типов горных пород непосредственно из горных выработок удароопасного горизонта –280 м Таштагольского рудника. Отбор и геологическое описание керна материала проведено с соблюдением ГОСТ 21153.0-75 и РД 51-60-82 [104,105]. Для измерения УЭС пород из керна изготовлены пробы – образцы цилиндрической формы диаметром 42мм и толщиной 42мм. Образцы очищались от загрязнений, торцы отшлифовыва-

лись. Образцы с дефектами (трещинами, вмятинами, царапинами, сколами) отбра- сывались. Всего было изготовлено и проведены измерения на 525 образцах 7 типов пород.

Стандартная установка для измерения УЭС состояла из батареи питания, двух цифровых мультиметров Mastech MY64. Инструментальная погрешность изме- рений этими приборами не превышает 2%.

Определение УЭС пород проводилось на основе измерений величины посто- янного тока в образце горной породы через 3 секунды после наведения в нем поля и расчета по этим результатам удельного электрического сопротивления для есте- ственно-влажных образцов пород (в диапазоне значений от  $10^{-3}$  до  $10^{12}$  Ом·м).

Этот метод имеет преимущество при скоростных массовых определениях удельного электрического сопротивления горных пород и обеспечивает достаточ- ную для горной практики точность.

Измерения на образцах проведены по двухэлектродной (рис.3.1,а) и четы- рехэлектродной схемам (рис.3.1, б). При этом первая схема используется при опре- делении электросопротивления для слабопроводящих пород, а вторая – для высо- копроводящих. Контакты электродов с поверхностью образцов для снижения влия- ния переходного сопротивления графитизировались.

Испытания проводились следующим образом. Образец породы устанавли- вался по центру плиты пресса марки П – 50. Для обеспечения плотности контакта между образцом и электродами образец нагружался до 20кН и далее через 25кН до разрушения. На каждой стадии нагружения снимались показания вольтметра и ам- перметра. Также фиксировались данные в момент разрушения образца.

Расчет УЭС породы проводился по формуле [103]

$$\rho = U \cdot S / I \cdot b, \quad (3.1)$$

где  $U$  - падение напряжения на образце, В;  $I$  - ток, измеряемый амперметром, А;  $S$  - площадь сечения образца, м<sup>2</sup>;  $b$  - расстояние между электродами АВ, м (толщина образца в случае двухэлектродной схемы).

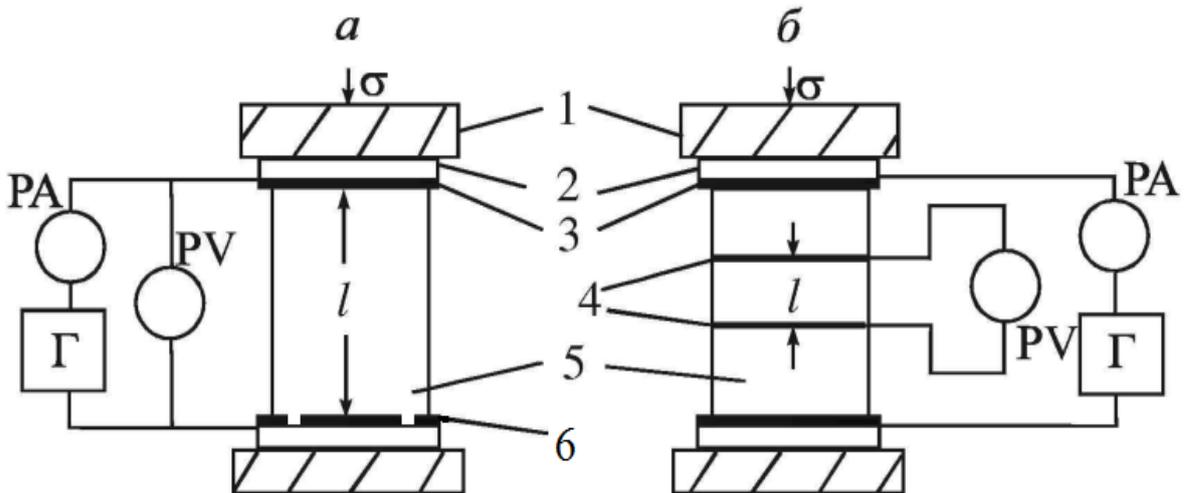


Рис. 3.1. Двухэлектродная (а) и четырехэлектродная (б) схема измерения электрофизических параметров образцов горных пород: 1 - плита пресса; 2 - изолирующая прокладка; 3 - токопроводящий пластинчатый электрод *A*; 4 - кольцевой измерительный электрод; 5 - образец; 6 - токопроводящий пластинчатый электрод с «охранным кольцом» *B*; PV - вольтметр; РА - амперметр; Г - батарея питания

Для учета достоверности определения УЭС проведена статистическая обработка результатов полученных измерений по известным стандартным методикам [106]. Необходимость такой обработки результатов обусловлена тем, что вследствие неточности измерительных приборов, несовершенства наших органов чувств, неполноты наших знаний, трудности учета всех побочных явлений при многократном повторении одного и того же измерения получаются разные числовые значения изучаемой физической величины. Так бывает, даже если измерения производить в совершенно одинаковых условиях (равноточные измерения). При практическом использовании результатов тех или иных измерений возникает вопрос об истинном значении изучаемой физической величины, то есть о точности её определения.

При выполнении экспериментальных исследований на значение измеряемой величины влияет множество случайных факторов, не имеющих прямого отношения к изучаемому явлению или объекту. Эти факторы (помехи) могут весьма зна-

чительно влиять на результаты измерений, но не носить закономерный (постоянный) характер. Поэтому все получающиеся из эксперимента величины являются случайными. Ошибки (погрешности), возникающие при этом, называют случайными. Случайные ошибки устранить нельзя, но благодаря тому, что они подчиняются закономерностям теории вероятностей при достаточно большом числе измерений, всегда можно указать пределы, внутри которых заключено истинное значение измеряемой величины [107].

Среднее арифметическое значение УЭС  $\bar{x}$  и стандартное отклонение результатов отдельных измерений от среднего  $S$  определялись по следующим формулам:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.2)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (3.3)$$

где  $n$  – число наблюдений,  $x_i$  – измеренные значения УЭС.

При этом результаты, в которых отклонение от среднего значения превышало утроенное стандартное, отбрасывались [106] и затем повторно определялось стандартное отклонение для оставшейся выборки.

Среднеквадратичное отклонение  $S_{\bar{x}}$  находилось по формуле:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}. \quad (3.4)$$

По формуле  $\varepsilon = \pm t S_{\bar{x}}$  определялся доверительный интервал  $\varepsilon$ , где  $t$  – коэффициент Стьюдента.

Коэффициент  $t$  в зависимости от доверительной вероятности  $P$  и числа результатов наблюдений  $n$  находился по таблицам [106].

Результаты расчета доверительных интервалов определения УЭС для всех исследованных типов пород приведены в табл. 3.1.

Доверительные интервалы определения УЭС пород

Тип горной породы	Среднее значение, $\bar{x}$ , Ом·м	Доверительный интервал, $\varepsilon$ , Ом·м
Кварцит	24895	5625
Порфирит	33786	5554
Магнетит	0,498	0,119
Сиенит	31162	4625
Скарн	34669	5341
Рудный скарн	4050	1836
Сланец	18636	3795

Для получения функциональных зависимостей изменения УЭС пород от механических напряжений использовался метод наименьших квадратов. При этом УЭС пород представлялось в безразмерном виде как отношение  $\rho_i/\rho_0$ , где  $\rho_i$  – текущее значение УЭС при нагружении,  $\rho_0$  – УЭС при начальной нагрузке. Примеры корреляционных полей для обработки результатов измерений представлены на рис. 3.2 – 3.4.

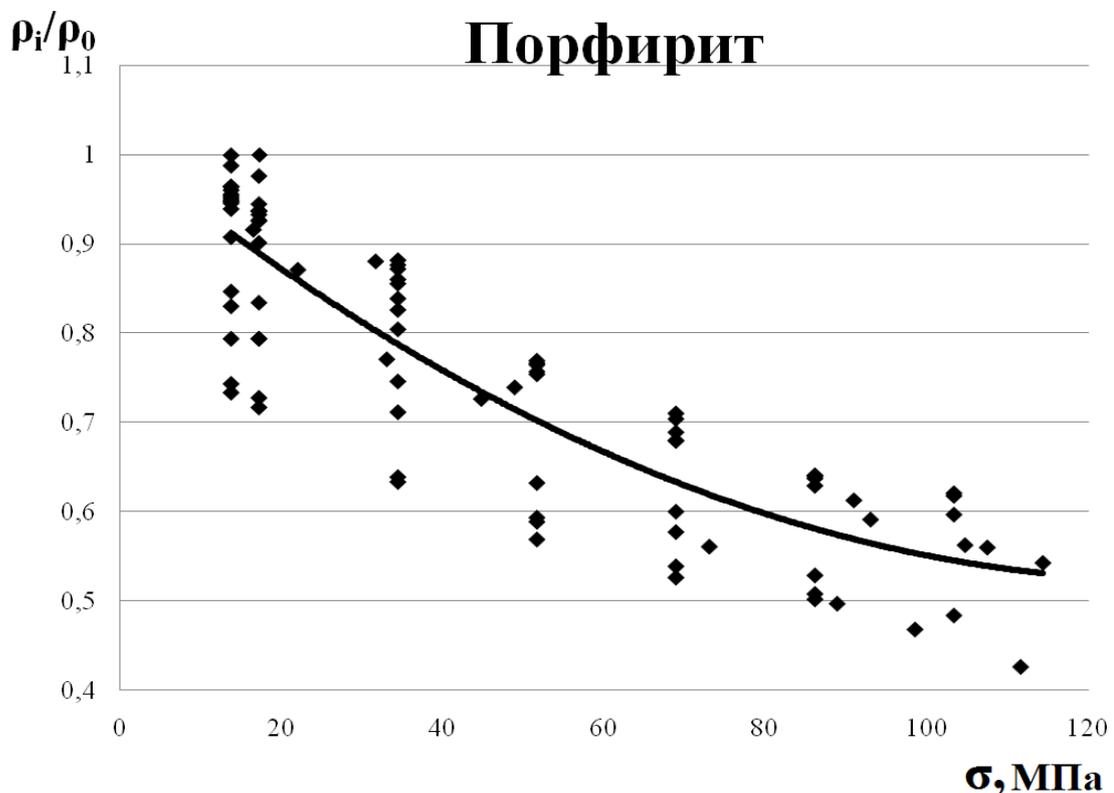


Рис. 3.2. Зависимость относительного УЭС от механических напряжений для порфирита

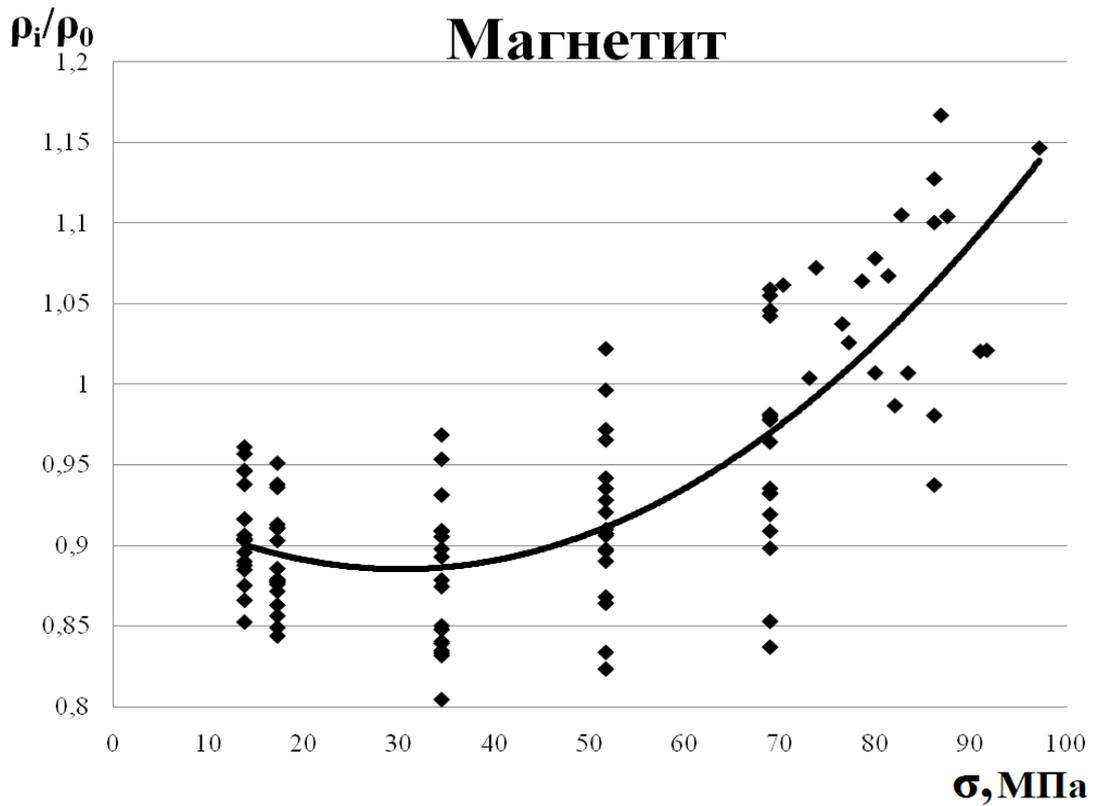


Рис. 3.3. Зависимость относительного УЭС от механических напряжений для магнетита

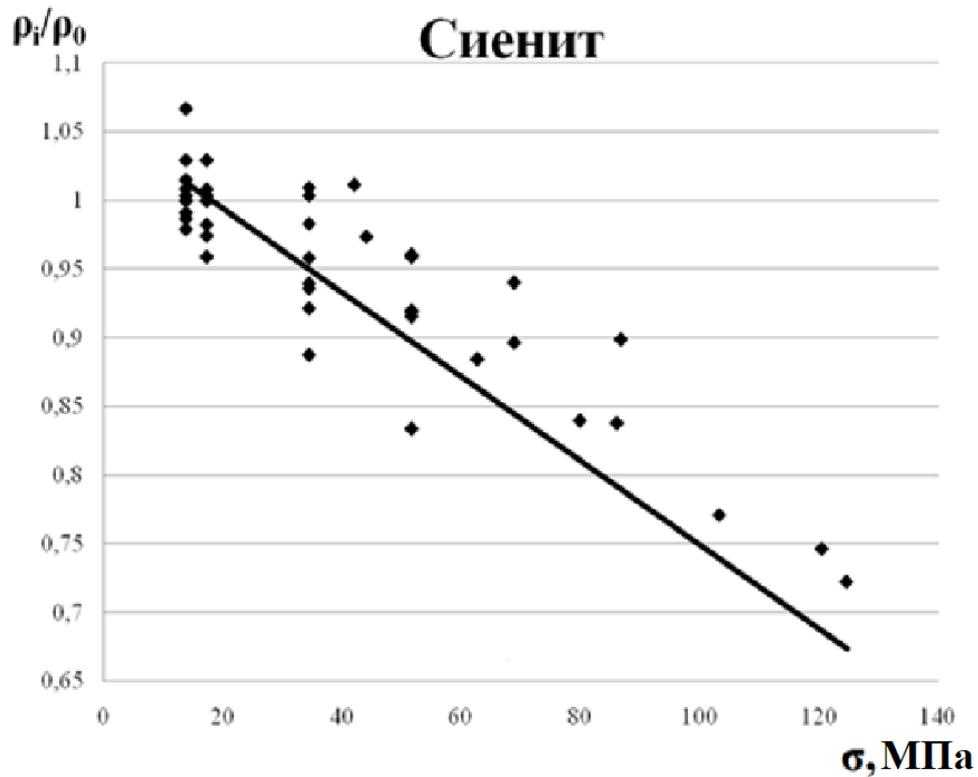


Рис. 3.4. Зависимость относительного УЭС от механических напряжений для сиенита

В табл. 3.2 приведены функциональные зависимости относительного УЭС от механического напряжения для всех исследованных типов пород.

Таблица 3.2

Функциональные зависимости относительного УЭС  
от механического напряжения

Тип горной породы	Уравнение	Корреляционное отношение
Кварцит	$\rho/\rho_0 = 9 \cdot 10^{-6} \sigma^2 - 0,0034\sigma + 1,0208$	0,93
Порфирит	$\rho/\rho_0 = 3 \cdot 10^{-5} \sigma^2 - 0,0074\sigma + 1,0077$	0,88
Магнетит	$\rho/\rho_0 = 6 \cdot 10^{-5} \sigma^2 - 0,0034\sigma + 0,9365$	0,77
Сиенит	$\rho/\rho_0 = -0,0031\sigma + 1,0552$	0,77
Скарн	$\rho/\rho_0 = -6 \cdot 10^{-5} \sigma^2 - 0,0013\sigma + 1,0198$	0,79
Рудный скарн	$\rho/\rho_0 = -7 \cdot 10^{-6} \sigma^2 - 0,0005\sigma + 0,9603$	0,88
Сланец	$\rho/\rho_0 = 4 \cdot 10^{-5} \sigma^2 - 0,0057\sigma + 1,0266$	0,84

В табл. 3.3 приведены изменения в процентах относительного электросопротивления образцов от начала нагружения до разрушения.

Таблица 3.3

Изменение относительного электросопротивления образцов в  
зависимости от механических напряжений

Тип горной породы	Изменение относительного электросопротивления от начала нагружения до предразрушающего состояния, %	Характер изменения относительного электросопротивления
Кварцит	18	Падение
Порфирит	42	Падение
Магнетит	21	Возрастание
Сиенит	34	Падение
Скарн	80	Падение
Рудный скарн	11	Падение
Сланец	13	Падение

Изменение относительного электросопротивления от начала нагружения до разрушения составляет от 11 до 80 %. Большинство зависимостей имеют параболический характер за исключением сиенита, имеющего линейную зависимость. Более подробно данный материал изложен в статье [108].

Из табл. 3.3 также следует, что при увеличении нагрузки УЭС образцов в основном уменьшается, кроме образцов, содержащих магнетит. Сравнение полученных данных с данными лабораторных исследований электрометрических свойств

магнетитовых руд и вмещающих пород верхних горизонтов Таштагольского рудника, представленных в работе [68], показывает в основном аналогичный характер поведения УЭС образцов под нагрузкой. В этой работе возрастание УЭС зафиксировано только для образцов пород из сланца.

Характер изменения электросопротивления пород (рост или падение) под нагрузкой можно объяснить не только минералого-петрографическим составом образцов пород, но и структурно-текстурными особенностями их строения.

В результате магматических, метаморфических, тектонических процессов и процессов осадкообразования земная кора резко дифференцирована, в ней протекают сложные процессы концентрации и рассеяния химических элементов, приводящие к образованию различных типов пород [109]: магматических, метаморфических, осадочных и др.

Наиболее распространенным химическим элементом твердой оболочки земной коры является кислород, объемная доля ионов которого в кристаллах породообразующих минералах (кварц, ортоклаз, мусковит и др.) составляет 87-97% [110]. Поэтому геометрия размещения кислородных анионов в строении этих кристаллов имеет решающее значение.

Группы силикатов и карбонатов являются самыми распространенными породообразующими минералами [110]. Известно, что в минералах устойчивость структуры определяется отношением ионных радиусов анионов и катионов, связанных между собой, и условием минимума свободной энергии решетки. Одним из факторов, уменьшающих свободную энергию, является максимальное сближение структурных единиц и их плотнейшая упаковка.

Л. Полинг [110,111] предложил изображать структуры минералов координационными многогранниками, полученными при соединении прямыми центрами анионов, окружающих катионы. Число вершин многогранника равно координационному числу катиона. Например, тетраэдрический радикал  $[\text{SiO}_4]$  является главной составной частью силикатов. Структура данного иона образуется тетраэдрической координацией четырех ионов кислорода и одного иона кремния  $\text{Si}^{4+}$ . При этом ион кремния находится внутри тетраэдра, в вершинах которого располагаются ионы

кислорода  $O_2$ . Так как валентность кремния в кремнекислородном тетраэдре равна четырем, то только один заряд кислородных анионов нейтрализуется кремнием и каждый кислород сохраняет по одному отрицательному заряду для связи с другими катионами кремния. Это обеспечивает возможность обобществления кислорода двумя сложными ионами и представляет собой один из важных механизмов формирования силикатных структур. Связь в радикале  $[SiO_4]^{4-}$  носит смешанный ионно-ковалентный характер и относительно прочна.

Важное значение имеет способ соединения тетраэдров между собой. В зависимости от этого различают силикаты на островные (связь осуществляется катионами металла или гидроксильными ионами), цепочные (связь осуществляется общими ионами кислорода), кольцевые (тетраэдрические группировки образуют замкнутые кольцевые структуры), слоистые (тетраэдры расположены сетками или слоями), каркасные (тетраэдры соединяются кислородными анионами в трехмерные каскады). Например, к каркасным алюмосиликатам относятся широко распространенные минералы, составляющие группы полевых шпатов. В тетраэдрах этой группы 25-50% позиций иона  $Si^{4+}$  замещаются ионом алюминия  $Al^{3+}$ . Дефицит в один положительный заряд компенсируется в решетке катионами металлов, в основном  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ .

Присутствие  $Al^{3+}$  и металлических катионов увеличивает эквивалентный кислородный радиус, что приводит к искажению кислородных упаковок и снижению прочности минералов.

В другом классе породообразующих минералов – карбонатах основной структурной единицей является плоский изолированный треугольный радикал  $[CO_3]^{2-}$ , в котором катион углерода симметрично окружен тремя ионами кислорода. Некоторые карбонаты имеют цепочечную или слоистую структуру. Углероднокислородная связь в основном ковалентная и более прочная, чем кремнекислородная. Поскольку заряд углеродного катиона  $C^{4+}$  недостаточен для нейтрализации шести отрицательных зарядов трех кислородных ионов  $O^{2-}$ , карбонатный ион ведет себя как анион с двумя отрицательными зарядами.

Наиболее распространенным карбонатным соединением является кальцит  $\text{CaCO}_3$ , в котором катион кальция  $\text{Ca}^{2+}$  находится в октаэдрической координации с кислородными анионами. Другими минералами класса карбонатов являются сидерит  $\text{FeCO}_3$  и доломит  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

В табл. 3.4 приведены данные минералого-петрографического анализа образцов горных пород рудных месторождений, полученные ПГО «Запсибгеология» [112].

Таблица 3.4

Данные ПГО «Запсибгеология» по минералого-петрографическому составу горных пород рудных месторождений

Минерал	Массовая доля минерала в горных породах, %			
	Кварцевый диорит	Гранодиорит	Плагиогранит	Метасоматическая карбонатная порода
Плагиоклаз	59,3	64	60	-
Биотит	10,1	13	8	-
Роговая обманка	21,7	1,5	-	-
Кварц	9	20,5	30	-
Калиевый шпат	-	-	1	-
Кальцит	-	-	-	96
Мусковит	-	-	-	< 1
Серпентин – хлорит	-	-	-	1 – 3
Амфибол	-	-	-	< 1
Апатит, сфен, магнетит	1,2	1	-	-

Таким образом, основные породообразующие минералы являются ионными или ионно-ковалентными структурами, поэтому закономерности электризации щелочно-галоидных соединений имеют место и в горных породах рассматриваемых рудников.

Природные минералы, находящиеся под постоянным воздействием температуры, радиации, механических напряжений и т.п., не обладают совершенством структуры, т.е. кристаллическая решетка таких минералов искажена. Простейшими нульмерными дефектами структуры кристаллов являются точечные дефекты, т.е.

наличие в решетке межузельных атомов (ионов) или вакансии атомов (ионов). Во всех трех измерениях искажения решетки вокруг атома (иона) внедрения или вакансии сосредоточены в микроскопическом объеме. Если в кристалле имеются несколько вакансий, то его энергия должна понижаться при их объединении. В результате образуются поливакансии (или микропоры) [113].

Другим наиболее распространенным микродефектом структуры является краевая дислокация, представляющая собой одномерный линейный дефект структуры, который образуется при удалении из кристалла половины атомной плоскости и смыкании соседних плоскостей вокруг образовавшегося дефекта.

При механическом нагружении минерала увеличивается как число точечных дефектов структуры (оно может составлять 1 дефект на 10 - 100 атомов (ионов)), так и число дислокаций (наибольшая регистрируемая в кристаллах плотность дислокаций составляет  $10^{12} - 10^{14} \text{ см}^{-2}$ ).

Отсутствие в узле решетки катиона металла (например, легко отщепляемого иона калия, слабо связанного с тетраэдрическими и октаэдрическими многогранниками в полевых шпатах) эквивалентно отрицательно заряженной катионной вакансии. Замещение металлов одной валентности в структуре решетки на металлы другой равноценно нескомпенсированному заряду ячейки того или иного знака. Краевые дислокации в минералах, вследствие различия ионных радиусов катионов и анионов структуры, а значит и энергий образования катионных и анионных вакансий, несут линейный заряд, который в равновесном состоянии скомпенсирован облаком дефектов структуры (вакансий или межузельных ионов). Этот заряд может проявиться в процессе быстрого перемещения дислокаций.

В ионных кристаллах наиболее распространены дефекты структуры по Шоттки и Френкелю [114]. Дефекты структуры по Френкелю образуются путем срыва катиона металла со своего места в решетке и перехода его в междоузлие, при этом образуется пара «межузельный ион-катионная вакансия» и ячейка остается в целом электрически нейтральной. Дефекты по Шоттки образуются путем удаления равного количества катионов и анионов на поверхность кристалла, в результате чего внутри кристалла остаются пары вакансий разных знаков, и элементарная ячейка,

а также внутренние объемы кристалла остаются в целом электрически нейтральными [115,116].

В кварцсодержащих горных породах высокого электрического сопротивления при механическом нагружении и образовании трещин возрастает число заряженных точечных дефектов структуры, удельное электрическое сопротивление таких пород должно падать с накоплением числа трещин. Наоборот, в породах с низким электрическим сопротивлением (типа магнетитов) с ростом нарушенности пород их электрическое сопротивление должно расти.

Действительно, удельное электросопротивление высокопроводящих горных пород (породы с высоким содержанием руды, магнетиты и др) в процессе подготовки горного удара из-за накопления трещин в их материале растет. Используя теорию линейных цепей (законы параллельного и последовательного соединения проводников), можно получить для эффективного удельного электросопротивления трещины  $\rho = \rho_2 / \xi$ , где  $\rho_2$  – удельное электросопротивление ненарушенной породы,  $\xi$  – относительная среднестатистическая площадь скальных контактов берегов трещин (согласно [108] равна примерно  $3 \cdot 10^{-4}$ ). Тогда удельное электросопротивление горной породы с трещинами примет следующий вид:

$$\rho = \rho_2(1 + \delta/h\xi), \quad (3.5)$$

где  $\delta$  – среднестатистическое раскрытие трещин, см;  $h$  – расстояние между трещинами системы, см;  $\rho_2$  – удельное электросопротивление ненарушенной породы, Ом·м.

Согласно концентрационному критерию разрушения [114-116]  $\frac{(N^*)^{-1/3}}{L} = K \approx 3$ . В момент разрушения расстояние между трещинами  $h$  не может быть произвольным и равно примерно  $3L$ , где  $L$  – длина трещин, см;  $N^*$  – критическая концентрация трещин для соответствующего уровня разрушения. Согласно результатам эксперимента, приведенным в работе [117], среднестатистическое отношение  $\delta/L = 3,6 \cdot 10^{-4}$ . Учитывая все сказанное, формулу (3.5) можно привести к виду

$$\rho = 1,4 \cdot \rho_2. \quad (3.6)$$

Таким образом, в момент разрушения удельное электросопротивление высокопроводящих пород должно возрасти примерно на 40 % [118,119]. Этот результат подтверждается и лабораторным экспериментом (см. табл.3.3) установившем рост УЭС в образцах из магнетита на 21%.

Удельное электросопротивление пород с высоким удельным электросопротивлением (сиениты, метасоматиты, порфириды, скарны и другие кварцсодержащие горные породы) с ростом механических напряжений в минералах, слагающих эти породы, из-за роста числа точечных дефектов структуры – ионов калия, магния, алюминия и их вакансий, особенно вблизи поверхности образующихся трещин, падает [120]. Значение удельного электросопротивления таких пород при нагружении получим аналогичным способом, как и при выводе формулы (3.5):

$$\rho = 0,5\rho_2(1 + \rho_1 h / \rho_2 \delta), \quad (3.7)$$

где  $\rho_1$  – УЭС породы вблизи поверхности трещин (в зоне концентрации заряженных точечных дефектов структуры), Ом·м;  $\rho_2$  – УЭС ненарушенной породы, Ом·м;  $h$  – расстояние между трещинами, м;  $\delta$  - их среднестатистическое раскрытие, м.

В этом случае относительное изменение удельного электросопротивления в момент разрушения породы будет равно примерно

$$\Delta\rho / \rho_0 = 8,33 \cdot 10^3 (\rho_1 / \rho_2), \quad (3.8)$$

где  $\rho_0$  – начальное УЭС породы, Ом·м;  $\Delta\rho$  - изменение УЭС от начала нагружения до момента разрушения, Ом·м.

Таким образом, относительное изменение удельного электросопротивления слабопроводящих пород существенным образом зависит от отношения электросопротивлений самой породы и заряженных зон вблизи поверхности образующихся трещин в процессе нагружения породы. Из результатов лабораторного эксперимента это соотношение для исследованных горных пород равно от 11 до 80% (см. табл. 3.3).

### 3.2. Влияние обводненности массива и изменений температуры пород на их поляризацию в массиве

При использовании переменного тока в электроразведочных методах возникает вопрос влияния токов смещения из-за поляризации пород на результаты измерений [121].

Для однородной проводящей среды связь напряженностей электрического  $\vec{E}$  и магнитного  $\vec{H}$  поля определяется уравнением Максвелла:

$$\operatorname{rot}\vec{H} = \frac{\vec{E}}{\rho} + \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \quad (3.9)$$

где  $\rho$  - удельное электросопротивление среды, Ом·м;  $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м.

В любой проводящей среде могут существовать как свободные, так и связанные заряды.

Из этого уравнения следует, что изменение магнитной составляющей электромагнитного поля обуславливает наряду с токами проводимости (движение связанных зарядов или ионов) появление токов смещения (токи поляризации среды, обусловленные движением связанных зарядов).

В геологической среде есть области (или включения), в которых имеются связанные заряды. Эти области могут быть представлены разнообразными объектами – вкраплениями в ионно-проводящую среду электронно-проводящих минералов; системами пор разного диаметра с содержащимися в них водными растворами электролитов; двойными электрическими слоями, возникающими из-за привязки к поверхности пор глинистых частиц; включениями льда и т.п. Переходная характеристика от проводящей к поляризующейся среде зависит от того какие токи – проводимости или смещения – затухают быстрее. Если становление токов проводимости протекает медленнее, чем токов смещения, то последние могут проявить себя только на фоне первых в виде небольшого возмущения. Если токи проводимости затухают быстро, то токи смещения, успевшие сформироваться под действием токов проводимости, затухают медленно. При этом они протекают в направлении, противоположном токам проводимости.

В последнее время реакцию поляризующейся геологической среды на воздействие переменных токов описывают путем использования комплексной, зависящей от частоты удельной электропроводимости, и описываемой формулой Коул-Коул [122]:

$$\sigma^*(\omega) = \sigma_0 \cdot \frac{1 + (i\omega\tau)^c}{1 + (1-\eta)(i\omega\tau)^c}, \quad (3.10)$$

где  $i = \sqrt{-1}$ ;  $\omega$  – круговая частота,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\sigma_0$  – удельная электропроводимость на постоянном токе,  $\text{См/м}$ ;  $\eta$  – поляризуемость;  $c$  – показатель степени;  $\tau$  – время релаксации,  $\text{с}$ . Диапазон возможных значений параметра  $\eta$  – от нуля до единицы,  $\tau$  – от нуля до бесконечности. Параметр  $c$  может изменяться в пределах от 1 (одно время релаксации) до 0 (бесконечно широкое равномерное распределение времен релаксации).

В формуле (3.10)  $\sigma_0$  – удельная электропроводимость на постоянном токе, но на практике – это измеренная на частоте, намного меньшей частоты релаксации ( $\omega_0 = \tau^{-1}$ ).

В виду частотной дисперсии среды в модели Коул-Коула диэлектрическая проницаемость также является комплексной и частотно-зависимой:

$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon_0 \left[ \varepsilon_{r\infty} + \frac{\varepsilon_{rs} - \varepsilon_{r\infty}}{1 + (i\omega\tau)^c} \right], \quad (3.11)$$

где  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная ( $8,854 \cdot 10^{-12}$  Ф/м);  $\varepsilon_{rs}$  и  $\varepsilon_{r\infty}$  – относительные статистическая (измеренная на низких частотах) и динамическая (измеренная на высоких частотах) проницаемости соответственно.

Мерой способности среды поляризоваться под действием приложенного электрического поля является поляризуемость  $\eta$  либо  $\Delta\varepsilon_r = \varepsilon_{rs} - \varepsilon_{r\infty}$  – разница между относительными статистической и динамической проницаемостями (амплитудный показатель дисперсии). На величину  $\eta$  влияет как поляризация, так и проводимость, а на величину  $\Delta\varepsilon_r$  проводимость  $\sigma_0$  не влияет. Обычно  $\varepsilon_{r\infty} \ll \varepsilon_{rs}$ , то есть  $\Delta\varepsilon_r \cong \varepsilon_{rs}$ , по этому в качестве меры дисперсии можно использовать  $\varepsilon_{rs}$ .

В общем случае величина диэлектрической проницаемости  $\varepsilon_r$  пород зависит не только от частоты приложенного поля, но и определяются их влажностью  $W$  и температурой  $T$ , то есть  $\varepsilon_r = \varepsilon_r(\omega, W, T)$ .

Для оценки влияния низкочастотной дисперсии  $\varepsilon_r$  и её влияния на результаты измерений КУЭС в выработках были проанализированы водопотоки и температурные данные Таштагольского рудника за период с 2004 по 2011 годы (приложение В).

Замеры водопритоков и температуры воздуха в капитальных выработках на руднике проводятся три раза в месяц на всех семи горизонтах. При обработке данных рассчитываются их средние значения за месяц для каждого горизонта.

В табл. 3.5 приведены максимальные, минимальные и среднемесячные значения водопритоков за период с 2004 по 2011 годы.

Таблица 3.5

Среднемесячные, минимальные и максимальные значения водопритоков на Таштагольском руднике за период с 2004 по 2011 годы

Горизонт	+70	0	-70	-140	-210	-280	-350
Значения	V, м <sup>3</sup> /ч						
Средние	37,73	36,26	65,33	35,67	31,46	87,07	158,65
Минимальные	12,90	22,00	18,50	19,10	16,20	57,80	102,00
Максимальные	61,60	69,90	116,20	88,30	83,50	151,30	300,40

Анализ этих шахтных водопритоков показывает, что водопритоки не отличаются практически друг от друга на четырех горизонтах (+70, 0, -140, -210), а на трех горизонтах (-70, -280, -350) происходит рост водопритоков в два, три и пять раз соответственно. Суммарный водоприток шахтного поля составляет порядка 500 м<sup>3</sup>/ч. На основании, этого воспользовавшись гидрогеологической классификацией месторождений [123] Таштагольский рудник можно отнести к обводненным.

Если обратиться к графику изменения среднемесячных значений водопритоков (рис. 3.5), то видно, что прирост водопритоков приходится на весенне-летний период и достигает максимума в мае месяце. Это связано с тем, что в этот период

происходит оттаивание грунтов и фильтрация через них грунтовых вод, образующихся в результате таяния снега и наличия дождевых осадков.

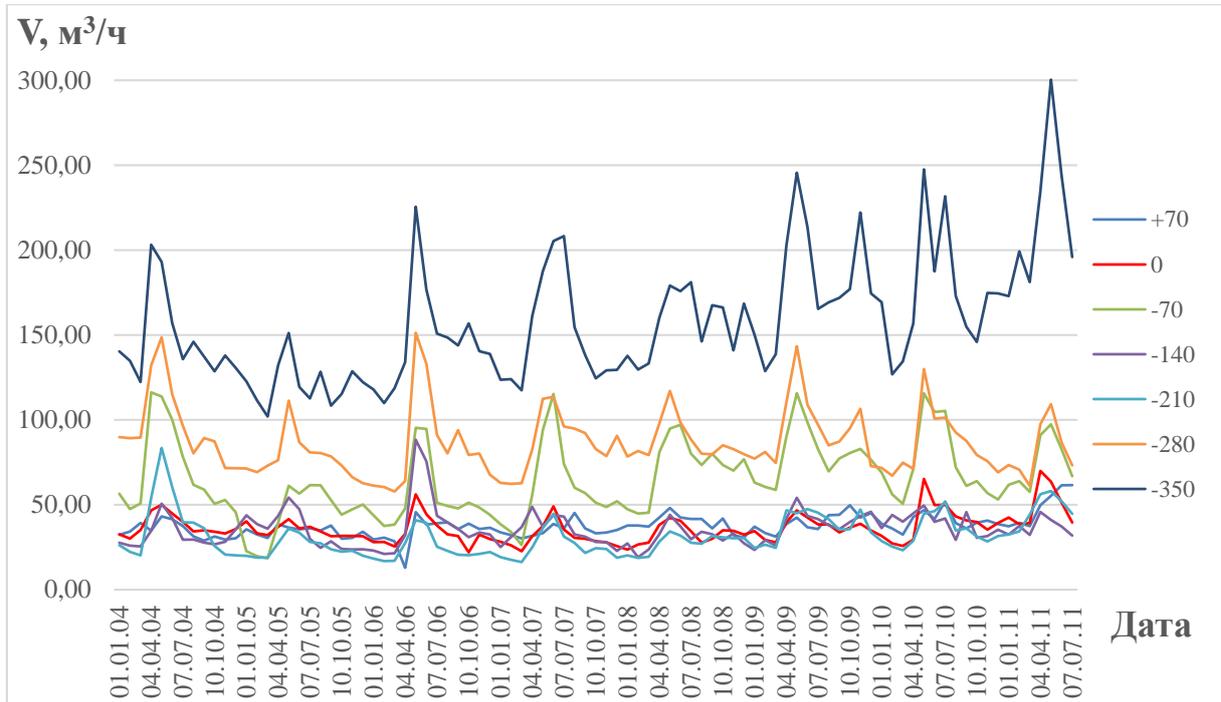


Рис. 3.5. График изменения среднемесячных значений водопритоков за период с 2004 по 2011 годы

Фильтрация грунтовых и подземных вод в выработки происходит в основном за счет зон упорядоченной трещиноватости и тектонических трещин. При этом колебания водопритоков на тот или иной горизонт также связаны с размерами выработанного пространства и с ростом горного давления, способствующего смыканию пор и имеющихся трещин [68].

Фильтрация вод непосредственно через горные породы незначительна, так как рудные тела и вмещающие породы железорудных месторождений Сибири относятся к высокомодульным, слабопористым и гидрофобным с низкой поровой и поверхностной смачиваемостью [3,109]. Существующие водопритоки и их сезонные вариации из-за структурно-текстурных особенностей пород и руд месторождения незначительно влияют на их влажность в массиве и она остается практически неизменной. Для различных типов пород и руд влажность держится на уровне от 3% до 18% [68].

В табл. 3.6 приведены максимальные, минимальные и среднемесячные значения температур за период с 2004 по 2011 годы, а на рис.3.6 – график изменения среднемесячных температур за тот же период.

Таблица 3.6  
Среднемесячные, минимальные и максимальные значения температур на  
Таштагольском руднике за период с 2004 по 2011 годы

Горизонт	+70	0	-70	-140	-210	-280	-350
Значения	t, C°						
Средние	9,75	10,86	11,08	12,34	13,04	13,69	14,44
Минимальные	6,50	8,40	7,00	10,40	11,10	11,50	12,00
Максимальные	10,30	13,80	13,70	15,00	15,40	14,90	15,90

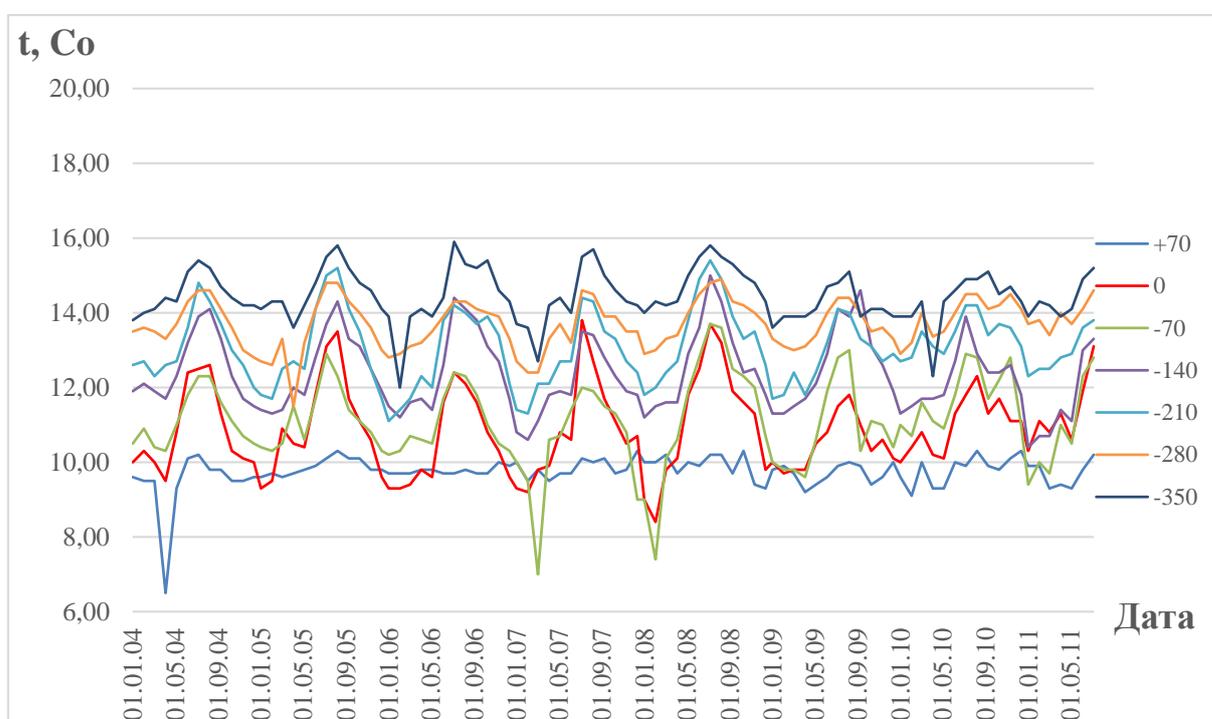


Рис. 3.6. График изменения среднемесячных значений температур за период с 2004 по 2011 годы

Анализ этих данных показывает, что с ростом глубины горных работ отмечается рост значений температуры в выработках. От горизонта до горизонта колебание температур между ними составляет  $0,5 - 1,2^{\circ}\text{C}$ , а в пределах горизонтов сезонные вариации температуры не превышает  $5 - 7^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, изменение температуры вмещающих горные выработки горных пород с глубиной соответствует геотермальной ступени месторождения [124] (величина, характеризующая нарастание температуры горных пород с глубиной и выражаемая числом метров глубины, соответствующей повышению температуры на  $1^{\circ}\text{C}$ ).

На каждом горизонте в выработках поддерживается стабильный температурный режим независимо от времени года.

Как показано в предыдущем параграфе, породообразующие минералы Таштагольского месторождения имеют ионную или ионно-ковалентную структуру. Для таких диэлектриков, как отмечается в работе [125], относительное изменение диэлектрической проницаемости при увеличении (уменьшении) температуры (температурный коэффициент диэлектрической проницаемости  $a_\varepsilon$ ) можно оценить по формуле

$$a_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_r} \cdot \frac{d\varepsilon_r}{dT} \quad (3.12)$$

где  $\varepsilon_r$  - относительная диэлектрическая проницаемость;  $T$  – температура породной среды, °С.

Эта формула позволяет установить качественный вид  $a_\varepsilon$  в ионных диэлектриках. Повышение температуры из-за теплового расширения материала увеличивает расстояние между ионами, что уменьшает коэффициент упругой связи, и следовательно уменьшает значения  $\varepsilon_r$  в отличие от веществ с гомеоплярными связями. Это указывает (дает информацию) о преобладании ионного механизма поляризации данных диэлектриков.

Наблюдаемые температуры в породах Таштагольского рудника и их вариации практически не сказываются на величине диэлектрической проницаемости. Как отмечается в той же работе [125], температурная зависимость  $\varepsilon_r$  может существенно влиять на процессы поляризации пород только при достижении температурой некоторых критических значений, при которых возможна перестройка кристаллических модификаций геологической среды (например, процессы льдообразования).

Кроме процессов льдообразования на процесс низкочастотной поляризации могут оказать такие явления, как мембранная и электролитическая поляризация (из-за неоднородностей сечений, заполненных электролитом поровых каналов, обмена полями электронно-проводящих компонентов и электролита, перезарядки

двойных электрических слоёв). Как отмечается в работе [122], наличие таких процессов может усилить эффект поверхностной проводимости по сравнению с объемной проводимостью. Вследствие электрохимической поляризации на границе между минеральной матрицей и поровым раствором поверхностная проводимость зависит от частоты  $\omega$ .

Поскольку породы Таштагольского месторождения представляют собой геологическую среду с ионной проводимостью с малым количеством в основном изолированных пор, то протекание вышеупомянутых процессов с учетом температурной и водонасыщающей обстановки на рудниках маловероятно. Для таких пород поляризуемость  $\eta$  находится в интервале 0,2 – 0,5, постоянная времени  $\tau$  поляризационного процесса находится в интервале 50 – 100 мкс. Показатель степени  $s$  в формулах (3.10, 3.11) близок к 1 [122]. Тогда при  $\omega \rightarrow 0$  (область низких частот) диэлектрическая проницаемость приближается к постоянному значению  $\varepsilon_{rs}$ , поверхностная проводимость стремится к постоянному значению. Таким образом, поляризационный процесс при  $s \cong 1$  (узкое распределение времен релаксации) может быть описан одной убывающей экспонентой с постоянным временем  $\tau$ , то есть дебаевской моделью. Для таких моделей в низкочастотных методах электроразведки величина влияния токов смещения и токов проводимости на результаты измерений оценивается по соотношению [126]:

$$j_{см}/j_{пр} = \omega \varepsilon_r \varepsilon_o \rho, \quad (3.13)$$

$j_{см}$  и  $j_{пр}$  – плотности токов смещения и проводимости, А/м<sup>2</sup>;  $\varepsilon_r$  – относительная диэлектрическая проницаемость среды;  $\varepsilon_o = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – электрическая постоянная;  $\omega$  – частота тока, Гц.

В табл. 3.7 приведены средние значения  $\rho$  и  $\varepsilon_r$  вмещающих пород, характерных для железорудных месторождений Сибири, а также средние значения рассчитанного по формуле (3.13) соотношения токов смещения к токам проводимости для частоты 4,88 Гц.

Соотношение токов смещения и проводимости  
горных пород на частоте 4,88 Гц

Название горных пород	$\rho$ , Ом*м	$\epsilon_r$	$j_{см}/j_{пр}$
Сланец	$6 \cdot 10^4 - 6 \cdot 10^5$	9,5 – 19	$2,5 \cdot 10^{-5} - 5,0 \cdot 10^{-4}$
Магнетитовая руда	$3,8 \cdot 10^{-1} - 6,2 \cdot 10^{-1}$	1,8 – 7,4	$3,0 \cdot 10^{-11} - 2,0 \cdot 10^{-10}$
Сиенит	$2,7 \cdot 10^4 - 3,6 \cdot 10^4$	8,9 – 24	$1,0 \cdot 10^{-5} - 4,0 \cdot 10^{-5}$
Порфирит	$2,8 \cdot 10^4 - 3,9 \cdot 10^4$	13,7 – 28,8	$1,7 \cdot 10^{-5} - 5,0 \cdot 10^{-5}$
Песчаник	$10^5 - 10^6$	4 – 6	$1,7 \cdot 10^{-5} - 2,6 \cdot 10^{-4}$
Известняк	$10^4 - 10^6$	9 – 15	$3,9 \cdot 10^{-6} - 6,5 \cdot 10^{-4}$
Вода дистиллированная	$10^2$	60 – 80	$2,6 \cdot 10^{-7} - 3,5 \cdot 10^{-7}$
Лед	$> 10^5$	10 – 120	$4 \cdot 10^{-3} - 4,8 \cdot 10^{-2}$

Из табл. 3.7 видно, что на этой частоте токи смещения для пород составляют десятые и сотые доли процентов. Лишь только в случае льдообразования в породах соотношение токов смещения к токам проводимости может возрасти на порядок и составит единицы процентов. Это связано с увеличением токов смещения в таких средах из-за уменьшения их проводимости и увеличения диэлектрической проницаемости, поскольку наличие пресноводного льда в породах даже с небольшой степенью минерализации приводит к возрастанию диэлектрической проницаемости среды в несколько раз.

Таким образом, можно утверждать, что наблюдаемые на практике реальные диапазоны вариаций температурного режима и водопритокков не оказывают существенного влияния ни на влажность пород, ни на возможность льдообразования в них (что также указывает на стабильность упругих параметров пород [126]). Кроме того, оценка изменений диэлектрической проницаемости, проведенная по формулам (3.11, 3.12) в пределах наблюдаемых вариаций температуры и влажности, показывает, что их влиянии на результаты подземного электропрофилирования и электротондирования находится в пределах погрешности измерений.

### 3.3 Выводы

1. В диапазоне нагрузок от начальной до предразрушающей изменение УЭС пород составляет от 11 до 80%. При этом наблюдается как уменьшение УЭС (вмещающие породы), так и увеличение (рудосодержащие породы). Изменение УЭС носит в основном параболический характер.

2. Участки профиля, где УЭС пород увеличивается с ростом напряженного состояния, не охватывается действием номограммы (рис. 1.12).

3. Сезонные колебания водопритоков в выработки происходят в основном за счёт тектонических трещин и зон упорядоченной трещиноватости горных пород и не оказывают существенного влияния на их влажность, так как породы в основном высококомодульные, малопористые, гидрофобны и плохо смачиваемые.

4. Рост значений температуры пород с глубиной происходит в соответствии с геотермальной ступенью и составляет  $0,5 - 1,2^{\circ}\text{C}$  от горизонта к горизонту. Вариации температуры пород на горизонтах носит сезонный характер и находится в пределах  $5 - 7^{\circ}\text{C}$ .

5. Сезонные вариации водопритоков и температуры не оказывают существенного влияния на поляризацию пород в выработках и не способствуют развитию тех эффектов, определяющих низкочастотную дисперсию электропроводности и диэлектрической проницаемости. Поэтому токи смещения не влияют существенно на результаты подземного электропрофилирования и электротондирования. Их влияние на величину КУЭС участков профиля находится в пределах погрешности измерений.

#### 4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРОГНОЗА УДАРООПАСНОСТИ НА РУДНИКАХ

В связи с вводом в действие «Положения по безопасному введению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам» [27] для железорудных предприятий Сибири в соответствие с её требованиями были скорректированы соответствующие действующие нормативные документы. Например, коллективом авторов составлены и рекомендованы к практическому использованию на месторождениях Горной Шории новые «Указания...» [24]. Электрометрический метод в данных «Указаниях...» является базовым для проведения, как регионального, так и локального прогнозов горных ударов и степени удароопасности массива горных пород. Электрометрические измерения проводятся методами подземного электропрофилирования (ПЭП) и электротондирования (ПЭЗ).

##### 4.1 Техника электрометрических измерений для ПЭП и ПЭЗ

Согласно [24] в методах ПЭП и ПЭЗ измерения производятся по симметричной 4-х электродной схеме  $AMNB$  на измерительных линиях (профилях) с использованием прижимных электродов. Вдоль профилей электрометрических наблюдений размечаются пикеты с шагом  $AB = 20 - 25$  м и  $AM = NB = (AB - 1)/2$ .

Такой шаг по мнению авторов указаний обеспечивает превышение размера сечения применяемых на рудниках выработок, достаточное (более чем в 2 раза) для пространственного распространения электрического тока по массиву.

Однако, наряду с этим в классической электроразведке [66] для получения более полных сведений о состоянии массива решается вопрос об оптимальном расстоянии между питающими и измерительными электродами, что определяет влияние поля токов в массиве на результаты измерений электрических параметров измерительной установкой на поверхности выработки. Это влияние существенно зависит от предельной глубины распространения электрических токов, активно действующих на результаты измерений, или от так называемой эффективной глубины

проникновения тока  $z_{\phi}$  [66], то есть фактически параметр  $z_{\phi}$  определяет эффективную глубину исследования. Как отмечается в этой работе, изменение плотности тока в поле двух точечных электродов  $A$  и  $B$  можно определить по формулам:

$$j_z = \frac{I}{2\pi} \left\{ \frac{z}{(z^2 + x^2)^{3/2}} + \frac{L-z}{[(L-z)^2 + x^2]^{3/2}} \right\}; \quad (4.1)$$

$$j_x = \frac{I}{2\pi} \left\{ \frac{x}{(z^2 + x^2)^{3/2}} + \frac{x}{[(L-z)^2 + x^2]^{3/2}} \right\}, \quad (4.2)$$

где  $j_z$  - составляющая плотности тока по оси  $z$  (вдоль профиля),  $A/m^2$ ;  $j_x$  - составляющая плотности тока по оси  $x$  (поперек профиля в глубь массива),  $A/m^2$ ;  $I$  - величина источника тока,  $A$ ;  $L$  - расстояние  $AB$ ,  $m$ ;  $z, x$  - координаты вдоль и поперек направления течения тока соответственно.

В середине линии  $AB$ , где находятся измерительные электроды  $M$  и  $N$ ,  $z = L/2$ ,  $x = 0$  (поверхность выработки). Тогда

$$j_{x_0} = 0 \quad (4.3)$$

$$j_{z_0} = \frac{4I}{\pi L^2} \quad (4.4)$$

Относительное изменение плотности тока в однородной среде по нормали к профилю опишется выражением:

$$\frac{j_z}{j_{z_0}} = (1 + 4x^2/L^2)^{-3/2} = (1 + x^2/r^2)^{-3/2}, \quad (4.5)$$

где  $r = L/2$ .

Из построенных на рис. 4.1 из графиков затухания плотности тока по глубине для разных разностей  $A$  и  $B$  [66] видно, что при фиксированном разnose электродов  $A$  и  $B$  большая доля тока протекает в близлежащей к измерительной линии части среды. Поле именно этих токов существенно влияет на результаты измерений параметров электрического поля на поверхности. Глубину этого существенного влияния на графиках можно оценить по точке перегиба. Эффекты от токов, протекающих глубже, малы по сравнению с погрешностью измерений.

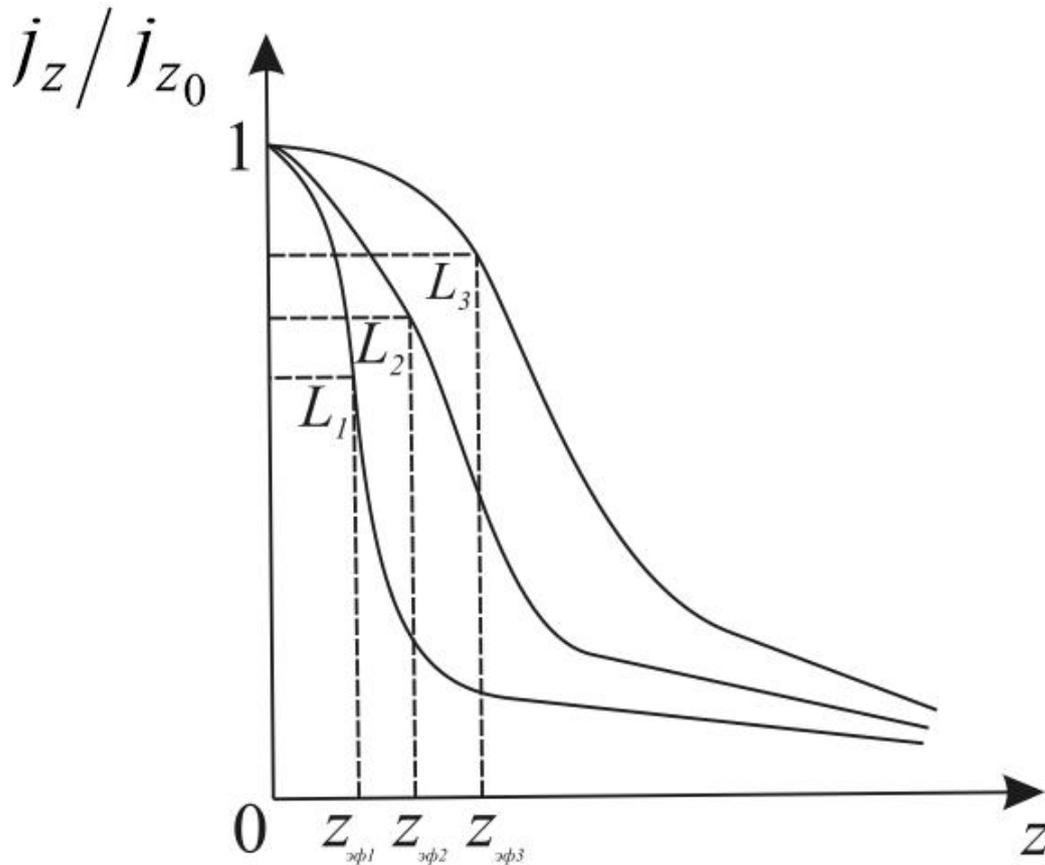


Рис. 4.1. Затухание плотности тока с глубиной в центре установки для разных разностей [66]

Эту точку перегиба можно найти из соотношения:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{j_z}{j_{z_0}} \right) = 3r^2 \frac{4x^2 - r^2}{(r^2 + x^2)^{7/2}} = 0. \quad (4.6)$$

Отсюда следует, что  $z_{эф} \approx r/2 = AB/4$ .

Таким образом, эффективная глубина проникновения тока в однородной среде примерно равна 1/4 расстояния между электродами  $A$  и  $B$ . При этом плотность тока на глубине  $z_{эф}$  убывает почти в 1,5 раза [66].

В неоднородной среде (например, в слоистом массиве) глубина проникновения тока определяется соотношением мощностей и проводимостей слоёв разреза [71]. По оценкам, проведенным в работе [66], она может колебаться в пределах  $(0,25 - 0,10) AB$ .

В работах [75,76] отмечается, что глубинности электроразведки достигают:

- а) дистанционным приёмом, то есть увеличением объема исследуемой среды путем увеличения расстояния между источниками поля и точками его измерения;
- б) изменением мощности источников поля;
- в) частотным способом (в его основе лежит скин – эффект).

В последнем случае плотность токов  $j$  убывает с глубиной по мере проникновения в объект контроля по закону [127]

$$j = j_0 e^{-mz} \quad (4.7)$$

где  $j_0$  – плотность токов на поверхности;  $m$  - коэффициент затухания, определяемый электромагнитными свойствами объекта контроля и частотой тока. Для реальных параметров горных пород и руд в диапазоне частот, используемых в подземной электроразведке, токи проводимости много больше токов смещения. Глубина проникновения поля (где поле убывает в  $e$  раз) определяется по формуле [128]:

$$\delta = \frac{1}{\omega \left\{ \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{\sigma}{\omega \epsilon} \right)^2} - 1 \right] \frac{\epsilon_r \mu_r}{2} \right\}^{1/2}}, \quad (4.8)$$

где  $\omega$  – круговая частота поля, Гц;  $\sigma$  - удельная проводимость среды, См/м;  $\epsilon_r$  - относительная диэлектрическая проницаемость среды,  $\mu_r$  - относительная магнитная проницаемость среды.

При этом эффективная глубина проникновения тока определяется по формуле:

$$z_{эф} = \frac{\delta}{\sqrt{2}}. \quad (4.9)$$

Расчеты по формулам (4.8, 4.9) показывают, что  $z_{эф}$  для пород и руд Таштагольского рудника может составлять от 0,5 – 1,0 м (магнетит, рудный скарн) до 2 – 5 м (сиенит, диорит, порфирит) в диапазоне частот от 0 – 1000 Гц.

Это означает, что использование номограммы для оценки категории удароопасности руд и вмещающих пород (см. рис. 1.13) может быть ограничено в части

рудных тел, так как эффективная глубина проникновения тока может быть недостаточна для определения расстояния от обнажения до максимальных нагрузок.

Согласно указаниям [24] электрометрические измерения рекомендуется проводить аппаратурой АНЧ – 3 или ЭРА. Аппаратура АНЧ – 3 имеет на выходе мощность 1 – 30 Вт при максимальном токе в питающей линии 0,1 А. Наличие возможности подключения стационарного генератора позволяет изменять мощность на выходе аппаратуры до 35 – 300 Вт и ток до 2,0 А, что может обеспечивать достаточную (в части использования номограммы 1.13) для нерудного массива глубину исследований.

Аппаратура ЭРА использует селективное усиление входного переменного напряжения, что позволяет поддерживать на электродах *MN* постоянное значение заданной плотности измеряемого тока. Измерения проводят как на постоянном, так переменном с частотой 4,88 Гц и 625 Гц токе. Мощность на выходе составляет 40 Вт. Эти параметры аппаратуры так же должны обеспечивать надёжное создание поля в массиве на необходимой глубине. Для рудных участков массива для повышения надежности прогноза целесообразно применять вспомогательный метод – по электромагнитному излучению.

#### **4.2 Методика определения электрометрического коэффициента удароопасности с учетом геологического строения массива с измерительным профилем**

Как следует из результатов предыдущего анализа и исследований, важным дополнением в механизм установления удароопасности участков массива является геологическая доразведка прокладываемых измерительных профилей, проводимая до начала измерений. В результате этой доразведки должны быть чётко установлены границы структурных блоков и определены мощности и породный состав слагающих их слоёв.

При проведении измерений на постоянном токе необходимо четко соблюдать местоположение электродов *A*, *M*, *N*, *B* и их полярность.

Вычисление кажущегося электросопротивления  $\rho_k$  производится по формуле (1.2). Обработка результатов измерений и их анализ осуществляется следующим образом:

1. Вычисляется электросопротивление  $\rho_k$  по каждому измерительному центру (пикету).

2. Аномальные значения  $\rho_k$  исключаются из последующей обработки. Как указывается в «Указаниях...» [24] аномальными считаются величины, больше  $5\rho_n$  и меньше  $0,2\rho_y$ , где  $\rho_n$  и  $\rho_y$  – электросопротивления при неудароопасном и удароопасном состоянии массива (например, для Таштагольского рудника  $\rho_n = 300$  Ом м,  $\rho_y = 30$  Ом м).

3. Вычисляются средние значения  $\rho_{k(\text{эKB})}$  для профиля целиком и для структурного блока. При этом эти значения необходимо вычислять с учётом геологической информации по слоистому строению измерительного профиля по формуле (2.35) или (2.36) в зависимости от наличия и отсутствия перекрытия участков профиля измерительной установкой между соседними пикетами;

4. Строятся графики  $\rho_{k(\text{эKB})}$ , на основе которых производится, согласно «Указаниям...» [24], выявление опасных зон и определяется необходимость их усиленного контроля с принятием мер безопасности;

5. Определяется степень удароопасности массива по критерию

$$K_{\rho}^{**} = \rho_{k(\text{эKB})} / \rho_n \cdot \quad (4.11)$$

По значению электрометрического коэффициента  $K_{\rho}$  (установленному заранее на основе предыдущих длительных электрометрических наблюдений для каждого месторождения) определяют категорию удароопасности. Например, для Таштагольского месторождения электрометрические критерии удароопасности представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Электрометрические критерии удароопасности массива на  
Таштагольском месторождении

Электрометрический коэффициент	Качественная характеристика удароопасности
$K_{\rho}^{**} < 0,1$	Состояние массива «Опасно», возможен горный удар (горно-тектонический удар)
$0,1 < K_{\rho}^{**} < 0,5$	Напряжения достаточны для проявления толчков с энергией $10^3 - 10^5$ Дж
$0,5 < K_{\rho}^{**} < 1$	Возможна локальная концентрация напряжений в выработках
$K_{\rho}^{**} > 1$	Массив разгружен, удароопасности нет

В табл. 4.2 представлены результаты сопоставления электрометрических коэффициентов, определенных по действующим указаниям ( $K_{\rho}^*$ ), и с учётом геологического строения массива с электропрофилем ( $K_{\rho}^{**}$ ) Таштагольского рудника, а так же приведено их сравнение на соответствие зарегистрированным геодинамическим явлениям - толчкам с энергетическим классом выше третьего, вызвавшим нарушения крепления выработок.

Таблица 4.2

Результаты сопоставления электрометрических коэффициентов  $K_{\rho}^*$  и  $K_{\rho}^{**}$

п.п.	Дата замера	ЮВПШ		ГК		ПК		Средние значения для горизонта		Дата ГДЯ	Место проявления ГДЯ	Проявление ГДЯ/Вид
		$K_{\rho}^{**}$	$K_{\rho}^*$	$K_{\rho}^{**}$	$K_{\rho}^*$	$K_{\rho}^{**}$	$K_{\rho}^*$	$K_{\rho}^*$	$K_{\rho}^{**}$			
1	12.04.11	1,07	1,39	2,15	2,01	1,17	1,52	1,64	1,46	24.04.11	Орт 23	Микроудар
3	06.11.12	0,48	0,97	0,33	0,43	0,71	0,87	0,76	0,51	22.11.12	Блок 5	Нарушение выработки / толчок
4	08.02.13	0,42	1,17	0,33	0,52	1,08	1,64	1,11	0,61	10.02.13	Орт 15	Нарушение выработки / толчок
5	05.06.13	0,49	1,17	0,5	0,91	0,81	1,22	1,10	0,60	30.06.13	Рудный штрек	Нарушение выработки / толчок
6	13.09.13	1,15	1,96	1,82	2,08	1,5	2,38	2,14	1,49	15.09.13	Рудный штрек, орт 12	Микроудар
7	09.10.13	1,31	2,04	0,57	0,91	0,75	1,88	1,61	0,88	29.09.13	Орт 6	Нарушение выработки / толчок
8	15.07.14	0,3	0,73	0,23	0,35	0,56	0,71	0,60	0,36	13.07.14	Орт 12	Нарушение выработки / толчок
										15.07.14	Орт 11	Нарушение выработки / толчок

Продолжение таблицы 4.2

9	15.09.14	0,78	1,24	0,85	1,17	1,46	1,93	1,45	1,03	21.09.14	Орт 11	Нарушение выработки / толчок
10	23.12.14	0,53	1,35	0,36	0,54	0,69	1,32	1,07	0,53	21.12.14	СЗРШ2	Нарушение выработки / толчок
11	07.08.15	0,29	0,8	0,25	0,49	0,32	0,51	0,60	0,29	20.09.15	Орт 26	Нарушение выработки / толчок
12	10.11.15	0,5	1,04	0,59	0,88	1,04	1,31	1,08	0,71	10.11.15	Блок 6	Нарушение выработки / толчок
										12.11.15	СЗРШ2	Нарушение выработки / толчок
13	18.01.16	0,6	1,29	0,91	1,43	0,78	1,42	1,38	0,76	13.01.16	Блок 36	Нарушение выработки / толчок
										28.01.16	Орт 6	Нарушение выработки / толчок
14	17.03.16	1,34	2,17	0,58	1,93	0,52	1,68	1,93	0,81	21.03.16	Блок 14	Интенсивное заколообразование
15	13.04.16	1,03	1,78	0,19	0,64	0,31	0,73	1,05	0,51	02.04.16	Блок 6	Нарушение выработки / толчок
										16.04.16	Блок 6	Нарушение выработки / толчок
										27.04.16	Блок 6	Нарушение выработки / толчок
16	17.11.16	0,6	1,46	0,34	1,22	0,38	1,8	1,49	0,44	08.12.16	Блок 2	Нарушение выработки / толчок
										08.12.16	Блок 2	Нарушение выработки / толчок

ЮВПШ – Юго-восточный полевой штрэк. ГК – Грузовой квершлаг. ПК – Порожняковый квершлаг.

Из таблицы 4.2 видно, что обработка результатов измерений с учётом геологического строения значительно приближает электрометрический прогноз к реальному состоянию оценки произошедших событий. При определении электрометрического коэффициента  $K_p$  с учетом слоистого строения массива его значения снижаются в среднем на 42% по сравнению со значениями, полученными по действующим указаниям. При этом важно отметить, что за период с 2011 по 2016 год всего в трех случаях электрометрический коэффициент, полученный по действующим указаниям, приблизился к критерию, указывающему о локализации концентраций напряжений в выработках. Однако, на самом деле реально в этих случаях произо-

шли толчки 3-7 энергетического класса. Таким образом определение удароопасности с учетом геологического строения массива с электропрофилем повышает эффективность прогноза до 80%.

### 4.3 Программа по обработке результатов измерений

Представленные выше новые подходы по обработке электрометрических данных реализованы в разработанных автором методических указаниях [129]. В рамках этих указаний разработана программа, способствующая автоматизированному прогнозу удароопасности, на языке C Sharp (Приложение Д), блок-схема которой приведена на рис. 4.3 [130].

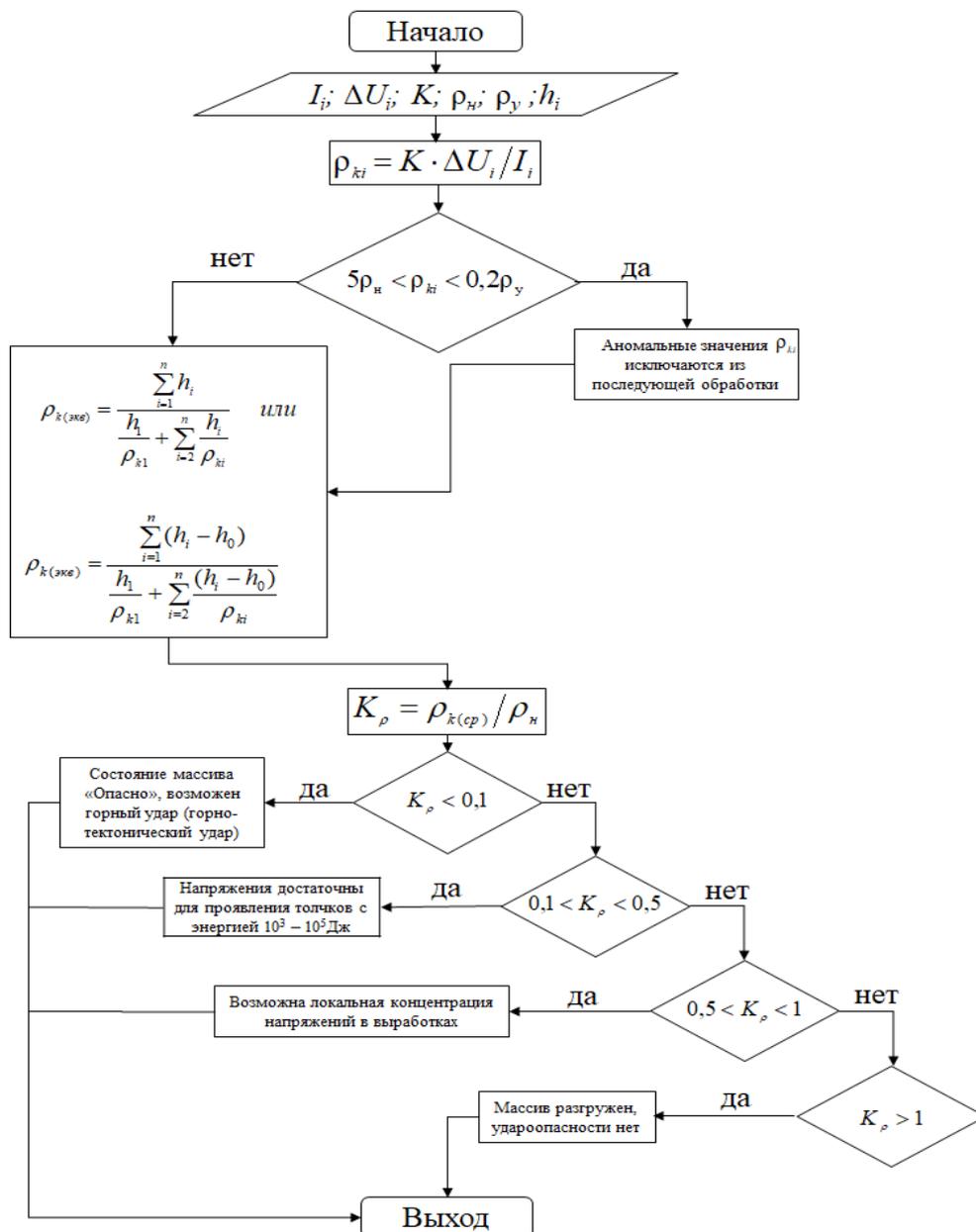


Рис. 4.3 Блок-схема программы

Для начала необходимо ввести начальные данные среди которых:  $I_i$  - ток, измеряемый между питающими электродами АВ, А;  $\Delta U_i$  - измеряемая разность потенциалов между электродами MN, В;  $K$  - коэффициент, учитывающий влияние выработки и геометрические размеры установки;  $\rho_n$  и  $\rho_y$  - электросопротивления при неудароопасном и удароопасном состоянии массива, Ом · м;  $h_i$  - мощности слоев, м;  $i$  - число слоев. На основании этих данных программа проводит расчет по формуле (1.2) электросопротивления  $\rho_{ki}$  по каждому измерительному центру и исключает аномальные значения в соответствии с принятыми на руднике их значениями. Вычисление среднего значения электросопротивления  $\rho_{k(cp)}$  по профилю производит по формуле (2.19) с учётом числа и мощности слоёв на измерительном профиле. Прогноз степени удароопасности массива осуществляется на основании таблицы 4.1 с помощью коэффициента  $K_\rho$ , полученного по формуле (4.11). Таким образом, программа на основе заложенных в нее алгоритмов (рис. 4.3), выдает конечный результат в виде качественной характеристики удароопасности массива.

Автоматизация этих расчетов помогает избавиться от ошибок, которые могут быть допущены при расчетах их вручную, а также существенно повышает оперативность обработки данных, особенно при использовании портативных компьютеров в случае внесения результатов измерений в компьютер по ходу их получения.

#### **4.4 Результаты обработки данных измерений за период с 2017 – 2019 гг. на Таштагольском руднике**

Руководством Таштагольского рудника после представления результатов ретроанализа данных прошедших лет на основе нового подхода к обработке результатов электрометрических измерений было рекомендовано группе прогноза рудника обработать совместно с КузГТУ данные за последние годы с помощью описанной выше разработанной методики.

Всего на Таштагольском руднике за период с 2017 по август 2019 года в пределах горизонта (-350) было зафиксировано 1087 событий с энергией более 100 Дж,

при этом более 70% из них проявились ниже горизонта (-300). Их распределение по месяцам и энергетическим классам приведено в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Распределение событий по месяцам и энергетическим классам в пределах горизонта (-350) за период с 2017 по август 2019 года

Дата	Энергетический класс события						Проявление горного давления	Всего
	2-ой	3-ий	4-ый	5-ый	6-ой	7-ой		
Январь 2017	21	2	6	2	-	-	+	31
Февраль 2017	63	11	5	-	1	-	-	80
Март 2017	21	5	7	-	-	-	-	33
Апрель 2017	76	12	9	1	1	-	-	99
Май 2017	10	1	1	-	2	-	-	14
Июнь 2017	11	3	1	1	-	-	-	16
Июль 2017	8	1	1	-	-	-	-	10
Август 2017	5	2	-	-	-	-	-	7
Сентябрь 2017	17	1	1	1	-	-	-	20
Октябрь 2017	52	16	8	-	-	-	-	76
Ноябрь 2017	23	5	-	-	-	-	-	28
Декабрь 2017	43	8	5	-	1	-	-	57
Январь 2018	15	4	2	-	-	-	-	21
Февраль 2018	27	4	1	-	-	-	-	32
Март 2018	6	-	-	-	-	-	-	6
Апрель 2018	8	2	-	-	-	-	-	10
Май 2018	4	3	1	-	-	-	-	8
Июнь 2018	9	6	2	1	-	-	-	18
Июль 2018	11	5	2	-	1	-	-	19
Август 2018	9	1	2	-	-	-	-	12
Сентябрь 2018	13	4	1	-	-	-	-	18
Октябрь 2018	12	-	-	-	-	-	-	12
Ноябрь 2018	18	1	-	-	-	-	-	19
Декабрь 2018	4	5	-	-	-	-	-	9
Январь 2019	11	-	4	1	-	-	-	16
Февраль 2019	30	12	-	2	1	-	+	45

Март 2019	29	11	2	1	-	-	+	43
Апрель 2019	25	9	1	-	-	-	-	35
Май 2019	69	12	4	-	3	-	+	88
Июнь 2019	47	8	1	-	2	-	+	58
Июль 2019	75	12	3	-	-	1	+	91
Август 2019	37	13	3	1	-	2	+	56
Всего	809	179	73	11	12	3	7	1081

При этом в период с 2017 по август 2019 год отмечается увеличение случаев проявлений горного давления в выработках (табл. 4.4), причем происходит возрастание энергии и приближение очагов событий к выработкам. Локализация этих событий показана на рис. 4.4.

Таблица 4.4

## Проявление горного давления

№ события	Местное время	Энергия, Дж	Энергетический класс	Проявление горного давления
1	13.01.2017	530108,8	5,7	Нарушение крепления выработки
2	31.05.2017	2093358	6,3	
3	21.01.2018	1947,077	3,2	
4	28.01.2018	40386,64	4,6	
5	28.02.2018	1442374	6,2	
6	06.02.2019	5516,046	3,6	
7	26.03.2019	365907,4	5,6	
8	17.05.2019	35910,68	4,6	
9	16.06.2019	14762,41	4,2	
10	30.06.2019	2190742	6,3	
11	21.07.2019	70076416	7,8	
12	16.08.2019	41717324	7,6	

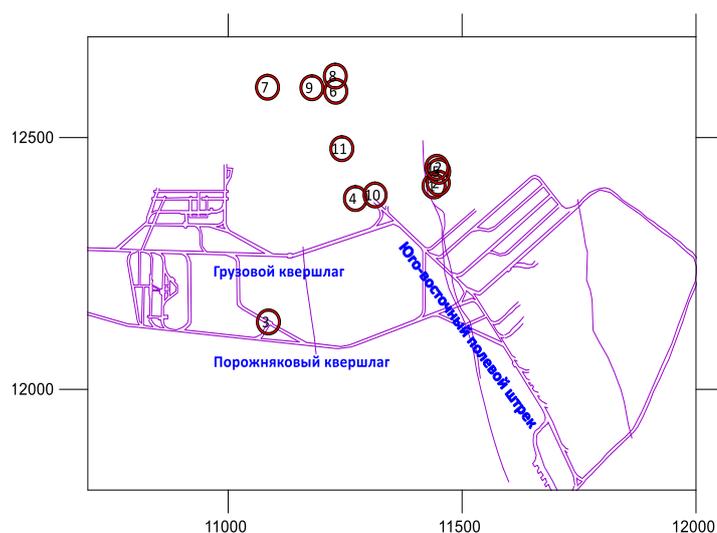


Рис. 4.4 Очаги геодинамических явлений, вследствие которых было зафиксированы проявления горного давления в выработках

С учетом геологического строения массива с электропрофилем был произведен перерасчет данных электрометрических измерений (Приложение Е) на горизонте (-350) по всем контролируемым выработкам (Грузовой и Порожняковый квершлаг, Юго-восточный полевой штрек). В табл. 4.5 представлены результаты этого перерасчета и сравнение прежних  $K_{\rho}^*$  и новых  $K_{\rho}^{**}$  электрометрических коэффициентов.

Таблица 4.5.

Результаты перерасчета и сравнения электрометрических коэффициентов Таштагольского рудника за период с 2017 по август 2019 года.

Дата за- мера	Юго-восточный полевой штрек		Грузовой квершлаг		Порожняковый квершлаг	
	$K_{\rho}^{**}$	$K_{\rho}^*$	$K_{\rho}^{**}$	$K_{\rho}^*$	$K_{\rho}^{**}$	$K_{\rho}^*$
24.01.2017	0,69	1,88	0,58	1,27	1,93	2,51
09.03.2017	0,67	1,1	0,69	1,13	0,97	1,46
17.04.2017	0,45	1,63	1,48	1,96	0,73	1,09
05.06.2017	0,43	1,38	0,41	0,69	0,50	1,81
07.07.2017	0,6	1,33	0,64	0,89	0,56	0,84
08.08.2017	0,32	0,88	0,4	1,09	0,45	0,94
11.09.2017	0,71	1,44	1,36	1,73	0,51	1,47
10.10.2017	1,12	1,83	0,39	1,07	0,34	0,95
14.11.2017	1,05	1,35	1,06	1,29	1,38	1,74
18.12.2017	1,14	1,34	1,22	1,58	1,20	1,86
29.12.2017	0,59	1,69	0,48	0,84	0,78	1,36
10.01.2018	1,33	1,73	0,46	1,19	1,36	1,55
14.02.2018	0,51	1,48	0,41	0,69	1,04	1,31
13.03.2018	0,37	1,07	0,25	0,43	0,91	1,10
07.05.2018	0,62	1,13	0,39	0,77	0,61	1,04
05.06.2018	0,30	1,00	0,22	0,43	0,36	0,66
02.07.2018	1,68	2,19	1,70	2,11	0,90	1,48
30.07.2018	2,40	3,08	0,44	0,53	1,52	2,36
07.08.2018	0,82	1,46	0,99	1,34	0,38	1,06
14.09.2018	0,66	1,07	0,71	1,08	0,31	0,77
04.10.2018	1,76	2,27	0,85	1,30	0,34	0,83
23.11.2018	1,09	2,01	1,28	1,63	0,42	1,12
04.12.2018	2,87	3,04	1,95	2,13	0,84	1,31
10.01.2019	0,53	1,15	0,45	0,90	0,31	0,98
07.02.2019	1,07	1,66	0,63	1,24	0,23	0,81
05.03.2019	0,85	1,33	0,40	0,43	0,43	0,67
02.04.2019	0,75	1,25	0,42	0,94	0,27	0,98
27.05.2019	0,37	0,88	0,33	0,89	0,69	1,13
10.06.2019	0,27	0,72	0,56	1,21	0,49	1,07

Продолжение таблицы 4.5

02.07.2019	0,60	0,98	0,75	1,24	0,60	1,01
23.08.2019	0,40	0,80	0,27	0,63	0,40	0,71

$K_{\rho}^*$  – электрометрический коэффициент, определенный по действующим указаниям.

$K_{\rho}^{**}$  – электрометрический коэффициент, определенный с учетом геологического строения массива с электропрофилем.

Значения электрометрических коэффициентов  $K_{\rho}^{**}$  в среднем на 40%, а в некоторых случаях на 70% снижены, по сравнению с  $K_{\rho}^*$ .

Количественное распределение полученных качественных характеристик об удороопасности массива, представлено в таблице 4.6.

Таблица 4.6

Количественное распределение качественных характеристик удороопасности массива Таштагольском месторождения за период с 2017 по август 2019 года

Методика обработки данных	$K_{\rho}^*$ – электрометрический коэффициент, определенный по действующим указаниям			$K_{\rho}^{**}$ – электрометрический коэффициент, определенный с учетом геологического строения массива с электропрофилем		
	Массив разгружен, удороопасности нет	Возможна локальная концентрация напряжений в выработках	Напряжения достаточны для проявления толчков с энергией $10^3 - 10^5$ Дж	Массив разгружен, удороопасности нет	Возможна локальная концентрация напряжений в выработках	Напряжения достаточны для проявления толчков с энергией $10^3 - 10^5$ Дж
Количество удороопасных случаев	64	26	3	23	34	36

Электрометрический коэффициент  $K_{\rho}^{**}$  в три раза реже указал на разгруженность массива, в полтора раза чаще – на возможность локальной концентрации напряжений и в 12 раз чаще – на возможность возникновения толчков с энергетическим классом выше третьего.

Установлено также, что из 31 случаев профильных измерений проведенных по трем контролируемым выработкам, соответствие по  $K_{\rho}^*$  опасным случаям составляет 5 раз, а по  $K_{\rho}^{**}$  - 26 раз. Следовательно, достоверность прогноза в первом случае составляет 16%, а во втором 85%.

Рисунок 4.5 более наглядно демонстрирует это сопоставление электрометрических коэффициентов. На графике отчетливо выделяются три периода, характеризующихся пониженной (с октября по декабрь 2018 года) и повышенной геодинамической активностью массива (с февраля по сентябрь 2018 года и с января по август 2019 года). При этом только электрометрические коэффициенты  $K_{\rho}^{**}$  демонстрируют в основном соответствие удароопасному и неудароопасному состояниям массивов.

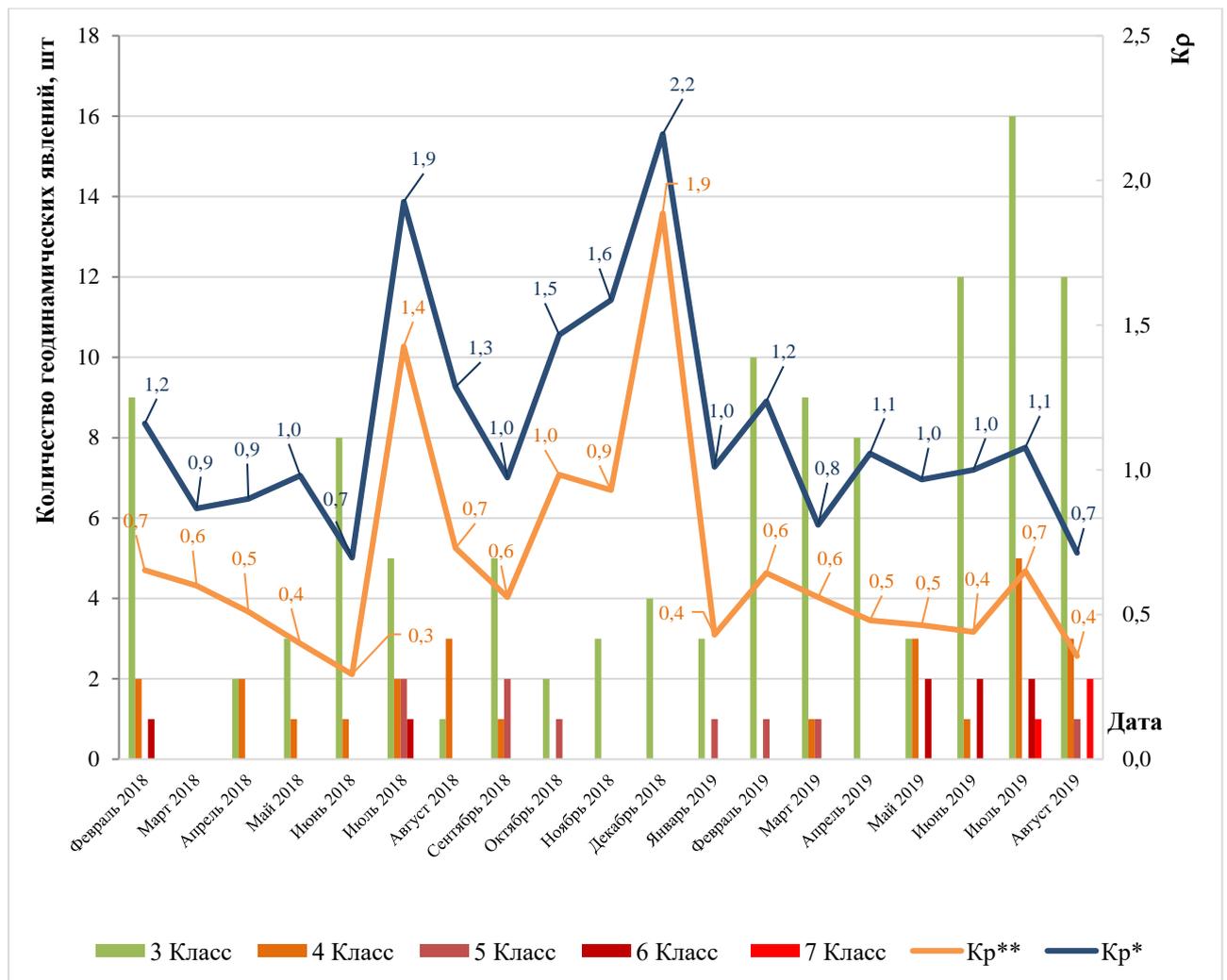


Рис. 4.5. Электрометрические коэффициенты ( $K_{\rho}^*$  и  $K_{\rho}^{**}$ ) и геодинамические явления за период 02.2018-08.2019

Об этом же свидетельствуют данные по удароопасному и неудароопасному состоянию массива и значения  $K_{\rho}^{**}$ , приведенные в таблице 4.7.

Таблица 4.7

Соответствие удароопасному и неудароопасному состояниям массивов по электрометрическому коэффициенту  $K_{\rho}^{**}$

% п.п.	Дата замера	$K_{\rho}^{**}$	Наличие геодинамических явлений выше 3-го класса	Соответствие удароопасному состоянию массива
1	Февраль 2018	0,7	да	Соответствует
2	Март 2018	0,6	нет	Не соответствует
3	Апрель 2018	0,5	да	Соответствует
4	Май 2018	0,4	да	Соответствует
5	Июнь 2018	0,3	да	Соответствует
6	Июль 2018	1,4	да	Не соответствует
7	Август 2018	0,7	да	Соответствует
8	Сентябрь 2018	0,6	да	Соответствует
9	Октябрь 2018	1,0	да	Не соответствует
10	Ноябрь 2018	0,9	нет	Соответствует
11	Декабрь 2018	1,9	нет	Соответствует
12	Январь 2019	0,4	да	Соответствует
13	Февраль 2019	0,6	да	Соответствует
14	Март 2019	0,6	да	Соответствует
15	Апрель 2019	0,5	нет	Не соответствует
16	Май 2019	0,5	да	Соответствует
17	Июнь 2019	0,4	да	Соответствует
18	Июль 2019	0,7	да	Соответствует
19	Август 2019	0,4	да	Соответствует

Из таблицы 4 видно, что из 19 замеров не соответствие удароопасному состоянию массива электрометрического коэффициента  $K_{\rho}^{**}$  установлено в 4-х случаях.

Аналогичные результаты по соответствию этого коэффициента получены по результатам ретроанализа данных за период с 2011 по 2016 год (табл. 4.2).

Таким образом, обработка результатов измерений с учётом геологического строения массива с электропрофилем значительно приближает электрометрический прогноз к реальной оценке произошедших сейсмических событий. Эффективность прогноза повышается до 80%.

В протоколе (Приложение Ж) заседания Комиссии по горным ударам АО «Евразруда» №3 от 19 сентября 2019 года, данные геодинамические явления по данным сейсмостанции г. Кемерово классифицированы как «локальные землетрясения». Их связывают с напряжениями, которые накопились в днище отработанного пространства и не «сбрасываются» от приводимых массовых взрывов, а накапливаются и проявляются в виде подобного рода явлений.

Так же в данном протоколе отмечаются положительные результаты нового подхода по обработке данных, полученных при проведении электрометрических измерений напряжённо-деформированного состояния массива пород в условиях Таштагольского месторождения и рекомендовано Дудко К.Л. продолжить работу на Таштагольской шахте и представить сообщение о результатах работы на Комиссии по горным ударам филиала «Евразруда - филиал АО «ЕВРАЗ ЗСМК» №1 в 2020 году (Приложение Ж. п.27).

## 4.5 Выводы

1. Рекомендованные в нормативных документах по прогнозу удароопасности электрометрическим методом шаг измерений и аппаратура в основном обеспечивают эффективную глубину контроля состояния массива. Недостаточная глубина проникновения тока в массив возможна на рудосодержащих участках. В этом случае рекомендуется использовать в качестве основного метода на этих участках – по электромагнитному излучению.

2. Определение средних значений КУЭС по измерительному профилю или в пределах структурных блоков рекомендуется проводить с учетом слоистого строения массива. Аналогичный учёт слоистости массива необходимо производить также при определении минимальных значений КУЭС в массиве.

3. Применение предложенной вычислительной программы способствует созданию автоматизированной системы прогноза удароопасности, что помогает избавиться от ошибок, которые могут быть допущены при расчете, а также существенно повысит оперативность обработки данных.

4. Учёт слоистого строения массива при обработке результатов электрометрических измерений повышает значительно (до 80%) эффективность прогноза удароопасности на рудниках.

## Заключение

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи по определению критериальных значений параметров удароопасности с учетом влияния внешних и структурных факторов, включающее оценку влияния геологического строения массива с измерительным профилем в выработках на распределение КУЭС, а также повышение безопасности ведения подземных горных работ, снижение материальных и трудовых затрат, что имеет значение для совершенствования способов и средств освоения недр Земли.

Основные научные, практические результаты и рекомендации сводятся к следующему.

1. Железорудные месторождения Сибири находятся в основном в геодинамически активном районе – Горной Шории и Хакасии. В процессе их разработки характерным является наличие динамических проявлений горного давления – горных ударов, толчков, микроударов и т.п. С геологической точки зрения условия отработки месторождений являются сложными. Обусловлено это крутым падением рудных тел и вмещающих пород, пересечением их тектоническими разрывными и дизъюнктивными нарушениями, блоковой структурой с зонами растяжений, сжатий, надвигов, сдвигов. Основными причинами формирования условий возникновения динамических явлений на этих месторождениях являются значительные тектонические нарушения, глубина горных работ, склонность руд и пород к хрупкому разрушению, сложные горно-геологические условия. При подземных электрометрических измерениях оценка удароопасности ведется на основе определения изменений кажущего удельного электросопротивления (КУЭС). Особое значение при этом имеет определение среднего значения КУЭС для профиля целиком или каждого структурного блока. Особое внимание здесь нужно уделять тому, что проложенные измерительные профили в выработках представляют собой линию, пересекающую фактически крутопадающие породные слои.

2. Исследовано, что изменение относительного электросопротивления при действующих механических напряжениях от начала нагружения до разрушения составляет от 11 до 80 %. Большинство зависимостей имеют параболический характер.

3. Установлено, что сезонные изменения водопритоков и температуры в выработках не оказывают существенного влияния на влажность и температуру вмещающих пород; их вариации приводят к возникновению токов смещения, оказывающих влияние на величину КУЭС вмещающих пород участках профиля в пределах погрешности измерений.

4. Установлено, что геологическое строение рудных массивов определяет электропрофили в подземных выработках как пересечение крутопадающих породных слоёв; распределение КУЭС вдоль этих профилей определяется мощностью, составом слоёв и их электрической контрастностью; электрометрический коэффициент удароопасности, определенный с учетом этих факторов, повышает достоверность прогноза удароопасности участков массива до 80%.

5. Обосновано ограничение по применению номограммы для оценки категории удароопасности рудных участков массива из-за недостаточной глубины проникновения тока; в этом случае рекомендовано для локального прогноза использовать метод по электромагнитному излучению. При проведении регулярных повторных измерений на постоянном токе необходимо четко соблюдать местоположение электродов *A, M, N, B* и их полярность.

6. Кроме повышения безопасности ведения горных работ применение совершенствованного метода и рекомендаций обеспечивает экономию трудовых и материальных затрат за счет снижения ущерба от проявлений горного давления в горных выработках.

### Список литературы

1. Трубецкой, К.Н. Горные науки: освоение и сохранение недр Земли. – Москва: Изд-во Академии горных наук, 1997. – 478 с.
2. Еременко, В.А. Природные и техногенные факторы возникновения горных ударов при разработке железорудных месторождений западной сиббири // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва: Изд-во «Горная книга», 2012. – С. 50–59.
3. Еременко, А.А. Горно-геологические и геомеханические условия разработки железорудных месторождений в Алтае-Саянской складчатой области / А.А. Еременко, В.А. Еременко, А.П. Гайдин. – Новосибирск: Наука, 2009. – 224 с.
4. Смирнов, В.И. Рудные месторождения СССР. – 2-е изд., перераб. и доп. Т. 1. – Москва: Недра, 1978. – 352 с.
5. Студеникин, В.П. Разрывные нарушения Кузнецкого Алатау // Вопросы тектоники Алтае-Саянской горной области. – Новокузнецк, 1971. – С 107–114.
6. Язбутис, Э.А. Таштагольско-Кочуринское рудное поле // Железорудные месторождения Алтае-Саянской горной области. Т. 1, Кн. 2: Описание месторождения. – Москва: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 281–306.
7. Студеникин, В.П. Разрывные нарушения Кузнецкого Алатау // Вопросы тектоники Алтае-Саянской горной области (материалы науч. –техн. конф.). – Новокузнецк, 1971. – С. 167–171.
8. Кузнецов, В.А. Геотектоническое районирование Алтае-Саянской складчатой области // Вопросы геологии Азии. Т. 1. – Москва: Изд-во АН СССР, 1954. – С. 202–227.
9. Кузнецов, В.А. Тектоническое районирование и основные черты эндогенной металлогении Горного Алтая // Вопросы геологии и металлогении Горного Алтая. Вып. 13.. – Новосибирск: ИГГ СО АН СССР, 1963. – С. 7–70.
10. Кузнецов, В.А. Основные этапы геотектонического развития юга Алтае-Саянской горной области // Тр. Горно-геол. Ин-та Зап.- Сиб. филиала АН СССР. – 1952. Вып.12.

11. Ашурков, В.А. Глубинные разломы Горной Шории по геофизическим данным // Вопросы тектоники Алтае-Саянской горной области (материалы науч. –техн. конф.). – Новокузнецк, 1971. – С. 29–40.
12. Курленя, М.В. Геомеханические особенности отработки удароопасных месторождений Алтае – Саянской складчатой области / М.В. Курленя, А.А. Еременко, Б.В. Шрепп, А.Н. Кононов А.Н. // ФТПРПИ. – 1997. – №3. – С. 3–13.
13. Ефремов, В.Н. Трещинная тектоника и поля напряжений на месторождениях Юга прикузнецкого железорудного района // Геология и геофизика. -1987. -№3. – С. 40–44.
14. Калугин, А.С. Железорудные месторождения Сибири / А.С. Калугин, Т.С. Калугина, В.И. Иванов и др. – Новосибирск: Наука, 1981. – 229 с.
15. Сурков, В.С. Тектоника и глубинное строение Алтае-Саянской складчатой области / В.С. Сурков, О.Г. Жеро, Д.Ф. Уманцев и др. – Москва: Недра, 1973. – 143 с.
16. Кононов, А.Н. Явление пульсационного горизонтального напряжения в горных породах и рудах эксплуатируемых железорудных месторождений Сибири / А.Н. Кононов, Б.В. Шрепп, О.А. Кононов и др. // Горн. журн. – 1995. – №8. – С. 9-11.
17. Еременко, А.А. Проведение и крепление горных выработок в удароопасных зонах железорудных месторождений / А.А. Еременко, А.И. Федоренко, А.И. Копытов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 236 с.
18. Курленя, М.В. Геомеханические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири / Курленя М.В., Еременко А.А., Шрепп Б.В. - Новосибирск: Наука, 2001. – 184 с.
19. Петухов, И.М. Предотвращение горных ударов на рудниках / И.М. Петухов, П.В. Егоров, Б.Ш. Винокур. – Москва: Недра, 1984. – 230с.
20. Шрепп, Б.В. Тектоническая активность глубинных разломов и геомеханические особенности отработки железорудных месторождений Алтае-Саянской складчатой области / Б.В. Шрепп, В.В. Сенкус, В.Н. Фрянов, Н.И. Скляр // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва: изд-во «Горная книга», 2004. – С. 169-174.

21. Шрепп, Б.В. Исследование геомеханических процессов для проектирования отработки глубоких горизонтов Абаканского месторождения / Б.В. Шрепп, В.А. Квочин, В.И. Бояркин, А.Н. Кононов // Колыма, 1982. – №7. – С. 14 – 17.
22. Невский, В.А. Трещинная тектоника рудных полей и месторождений. – Москва: Недра, 1979. – 224 с.
23. Лобанова, Т.В. Разработка научно-методических основ геомеханического обеспечения подземной отработки железорудных месторождений Сибири в геодинамически активном регионе: Дисс. д-ра. техн. наук. – Новокузнецк, 2009. – 323с.
24. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях Горной Шории, склонных и опасных по горным ударам, Новосибирск-Новокузнецк, 2015. — 72 с.
25. РД 06-329-99. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам. – Москва: Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2010. – 84 с.
26. Методические рекомендации по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам. – Москва: Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2016. – выпуск 8. – 51 с.
27. Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам. – Москва: Федеральная служба по экологическому, техническому и атомному надзору, 2016. – выпуск 7. -80с.
28. Рогожин, Е.А. О сильном землетрясении на Алтае // Вестн. РФФИ. – 2004. – №2 (36). – С. 60–70.
29. Платонова, С.Г. Горно - Алтайское землетрясение 2003 года: причины, последствия и прогнозы / С.Г. Платонова, В.В. Скрипко. – Кемерово: ФГУИПП «Кузбасс», КРЭОО «Ирбис», 2004. – 32 с.
30. Егоров, П.В. Предупреждение горных ударов на шахтах Кузбасса / П.В. Егоров, А.И. Петров, В.В. Егошин. – Кемерово, 1987. – 144 с.

31. Дудко, К.Л. Анализ электрометрических и сейсмических данных Таштагольского рудника / К.Л. Дудко, А.И. Шиканов // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: материалы X Международной научно-практической конференции. – Кемерово, 2013. – С. 383-386.
32. Дудко К.Л. Оценка удароопасности массива по результатам подземного электропрофилеирования на Таштагольском руднике / К.Л. Дудко, А.И. Шиканов // Вестник КузГТУ. – 2013. – №1. - С. 10-12.
33. Еременко, В.А. Контроль геомеханического состояния геологической среды при отработке Шерегешевского месторождения / В.А. Еременко, А.А. Еременко, В.И. Филиппов, И.Л. Громова, С.А. Корочкин, В.В. Пивень // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва: Изд-во «Горная книга», 2007. – С. 155–170.
34. Еременко, А.А. Совершенствование геотехнологии освоения железорудных удароопасных месторождений в условиях действия природных и техногенных факторов / А.А. Еременко, В.А. Еременко, А.П. Гайдин. - Новосибирск: Наука, 2008. – 312 с.
35. Жадин, В.В. Природа сейсмических проявлений на руднике «Таштагол» в 1981-1983гг. // ФТПРПИ. – 1985. – №1. – С. 52–59.
36. Геодинамическое районирование недр: Методические указания. – Ленинград: ВНИМИ, 1990. – 129с.
37. Шрепп, Б.В. Особенности отработки новых рудных горизонтов с увеличением глубины на Таштагольском месторождении / Б.В. Шрепп, Г.В. Захарюта, Н.Д. Королев, и др. // Горн. журн. – 1975. – №6. – С. 30–32.
38. Влох, Н.П. Управление горным давлением в крепких породах на основе исследования закономерностей формирования их напряженного состояния: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Ленинград, 1973. – 45с.
39. Шрепп, Б.В. Пути снижения потерь скважин в обрабатываемом рудном массиве / Б.В. Шрепп, В.Д. Шапошников, Н.Д. Королев, П.Т. Гайдин // Горн. журн. – 1972. – №10. – С. 33–35.

40. Шрепп, Б.В. Управление геомеханическими процессами при разработке мощных удароопасных железорудных месторождений изменением геометрии и формы выработанного пространства: Автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 1996. – 48с.
41. Егоров, П.В. Сравнение двух методов измерения напряжений в горных породах / П.В. Егоров, А.Г. Шаманская, В.И. Бояркин, Б.В. Шрепп //Труды 2 семинара по измерению напряжений в горных породах. Новосибирск: Изд-во ИГД СО АН СССР, 1970. – №2. – 124с.
42. Батугин, С.А. Исследование напряженного состояния массива горных пород методом разгрузки в условиях Таштагольского железорудного месторождения / С.А. Батугин, А.Г. Шаманская // ФТПРПИ. – 1965. – №2. – С. 28–33.
43. Бояркин, В. И. Измерение состояния пород массива с изменением глубины работ. Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Новокузнецк: СМИ, 1973. – 29с.
44. Шрепп, Б.В. Напряженно – деформированное состояние массива в зоне очистной выемки / Б.В. Шрепп, А.В. Мозолев, В.И. Бояркин и др. // Горн. журн. – 1979. – №12. – С. 41–43.
45. Бояркин, В.И. Характер проявления горного давления в стволах на Таштагольском месторождении / В.И. Бояркин, Б.В. Шрепп, Г.В. Захарюта и др. // Шахтное строительство. – 1973. – №10. – С. 16–17.
46. Еременко, А.А. Разработка железорудных месторождений в зонах повышенной сейсмической активности / А.А. Еременко, М.В. Курленя // ФТПРПИ. – 1990. – №1. – С. 3–11.
47. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях Горной Шории, склонных к горным ударам / ВостНИГРИ, ВНИМИ. Новокузнецк, 1991. – 90 с.
48. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях Горной Шории, склонных и опасных по горным ударам. ВостНИИ Новокузнецк, 2001. – 72 с.
49. Методические указания по региональному прогнозу горных ударов электрометрическим методом / ВостНИГРИ. Новокузнецк, 1989. – 28 с.

50. «Методика оценки степени удароопасности массива по фотонной эмиссии горных пород». – Кемерово, 1989. – 14 с.
51. Методические положения по прогнозу динамических явлений при производстве массовых взрывов. ИГД СО РАН – Новосибирск, 1993. – 39 с.
52. Методические рекомендации по предупреждению ударов горно-тектонического типа на железорудных месторождениях Сибири / ВостНИГРИ. – Новокузнецк: СибГИУ, 1997. – 26 с.
53. Указания по безопасному ведению горных работ на Абаканском месторождении, склонном к горным ударам. Новокузнецк, 2002. – 61с.
54. Петухов, И.М. Определение напряжений в массиве пород по делению керн на диски и выходу буровой мелочи при бурении скважин / И.М. Петухов, А.П. Запрягаев // Сб. ВНИМИ. – 1975. – № 96. – С. 126–130.
55. Исаев А.В. Разработка метода оценки напряженного состояния удароопасных пород по дискованию керн и выходу буровой мелочи: автореф. дисс. канд. техн. наук. – Ленинград: Изд-во ВНИМИ, 1983. – 17с.
56. Ренев, А.А. Предупреждение горных ударов при разработке крутопадающих урановых месторождений: Дисс. д-ра техн. наук. – Кемерово: КузГТУ, 1996. – 360с.
57. Qian Qihu. Definition, mechanism, classification and quantitative prediction model for rockburst and pressure bump. Scholl of engineering bulletin. Vladivostok, 2014. - №3. - P. 109-117.
58. Wang C. Evolution, Monitoring and Predicting Models of Rockburst: Precursor Information for Rock Failure. Springer, 2018. - 192 p.
59. Lin-ming Dou, Zong-long Mu, Zhen-lei Li, An-ye Cao, Si-yuan Gong. Research progress of monitoring, forecasting, and prevention of rockburst in underground coal mining in China. International Journal of Coal Science & Technology. – Singapore: Springer, 2014. – P. 278–288
60. Renata Patyńska<sup>1</sup>, Adam Mirek, Zbigniew Burtan, Elżbieta Pilecka. Rockburst of parameters causing mining disasters in Mines of Upper Silesian Coal Basin. BIG 2018 – 4<sup>th</sup> Nationwide Scientific Conference on Engineering-Infrastructure-Mining. E3S Web of Conferences 36, 2018. – P. 1-8.

61. Feng Xia-Ting. Rockburst: Mechanisms, Monitoring, Warning, and Mitigation. Butterworth-Heinemann, 2018. – 550 p.
62. Зыков, В.С. Техногенная геодинамика: учебн. пособие / ГУ КузГТУ. - Кемерово, 2006. – 266с.
63. Егоров, П.В. Справочное пособие для служб прогноза и предотвращения горных ударов на шахтах и рудниках / П.В. Егоров, В.В. Иванов, В.В. Дырдин В.В. — М.: Недра, 1995. — 240 с.
64. Пимонов, А.Г. Применение технологии автоматизированных баз данных для хранения и статистической обработки сейсмической информации // Информационные технологии в горной промышленности: Сб. науч. тр. Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1996. – С. 87–91.
65. Разработать методику прогноза горных ударов на основе электрометрических наблюдений: отчет НИОКР / КузГТУ; рук. Е.А. Зюзин; исполн: В.В. Иванов, К.Л. Дудко. Кемерово, 2011. 47с. договор от 02.03.2011 г. № 311420934871
66. Матвеев, Б. К. Электроразведка.– Москва: Недра, 1990. – 368 с.
67. Жуков, В.С. Изучение вариаций электротеллурического поля и электросопротивления горных пород в Ашхабадском сейсмоактивном районе: Дисс. Канд. физико-матем. наук. – Ашхабад: Институт сейсмологии, 1984. – 185с.
68. Простов, С.М. Геоэлектрический контроль на рудниках / С.М. Простов, Б.Г. Тарасов, В.В. Дырдин, В.А. Хямяляйнен // ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2003. – 166 с.
69. Рижуч, В.В. К проблеме прогноза горных ударов в подземных выработках, пройденных на месторождениях полезных ископаемых / В.В. Рижуч, Е.А. Левина, В.И. Востриков // Известия СО РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2009. №2. – С. 113-125.
70. Дудко, К.Л. Влияние геологического строения электропрофиля на кажущееся электросопротивление пород / К.Л. Дудко, А.И. Шиканов // Вестник КузГТУ, 2015. – №1. – С. 11–13.
71. Вешев, А.В. Электропрофилерование на постоянном и переменном токе. -2-е изд., перераб. И доп. – Ленинград: Недра, 1980. – 391 с.

72. Ваньян, Л. Л. Электромагнитные зондирования. – Москва: Научный мир, 1997. – 219с.
73. Юдин, М. Н. Математические модели геоэлектрики. Часть I. Слоистые модели сред / М. Н. Юдин, В. М. Юдин // – Москва: Рос. гос. геологоразв. унив., 2007. – 155с.
74. Заборовский, А. Н. Электроразведка. – Москва: Гос. науч.-техн. изд-во нефтяной и горно-топливной литературы, 1963. – 429с.
75. Хмелевской, В.К. Основы геофизических методов: учебник для вузов / В.К. Хмелевской, В.И. Костицын.– Пермь: Перм. ун-т., 2010. – 400с.
76. Хмелевской, В.К. Геофизические методы исследований: учебное пособие для геологических специальностей вузов / В.К. Хмелевской, Ю.И. Горбачев, А.В. Калинин, М.Г. Попов, Н.И. Селиверстов, В.А. Шевнин. Петропавловск–Камчатский: КГПУ, 2004. – 232с.
77. Костиков, В.У. Метод расчета заземлителей в районах со сложным геоэлектрическим разрезом // Труды Омского института инженерного транспорта. – 1967. – Т. 77, – С. 71–80.
78. Бургсдорф, В.В. Расчеты заземлителей в неоднородных грунтах // Электричество. – 1954. – №1. – С. 15–25.
79. Бизяев, А.А. О контроле динамических проявлений горного давления с использованием усовершенствованной аппаратуры регистрации сигналов ЭМИ / А.А. Бизяев, Г.Е. Яковицкая // ФТПРПИ. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. – № 5. – С. 115-123.
80. Опарин, В.Н. Современная геодинамика массива горных пород верхней части литосферы: истоки, параметры, воздействие на объекты недропользования / В.Н. Опарин, А.Д. Сашурин, Г.И. Кулаков и др. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 449с.
81. Вознесенский А.С. Оценка трещинообразования в массиве с гипсосодержащими породами методом регистрации электромагнитного излучения / А.С. Вознесенский, В.В. Набатов // ФТПРПИ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – № 3. – С. 3-12.

82. Методические указания по сейсмоакустическим и электромагнитным методам получения критериев степени удароопасности. – Ленинград: ВНИМИ, 1980. – 28с.
83. Указания по безопасному ведению горных работ на Талнахском и Октябрьском месторождениях, склонных и опасных по горным ударам. Норильск – Санкт-Петербург: ВНИМИ, 2007. - 65 с.
84. Хмелевской, В.К. Электроразведка методом сопротивлений / В.К. Хмелевской, В.А. Шевнина: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 160 с.
85. Ослон, А.Б. Расчет прямолинейных горизонтальных заземлителей в многослойном грунте / А.Б. Ослон, А.Г. Делянов // Изв. вузов. Энергетика. – 1970. – №2, – С. 29–30.
86. Краев, А.П. Основы геоэлектрики. – Ленинград: Недра, 1965. – 566 с.
87. Колесников, В.П. Основы интерпретации электрических зондирований. – М: Научный мир, 2007. – 248 с.
88. Хмелевской, В.К. Электрическое зондирование геологической среды, ч.2: учебное пособие / В.К. Хмелевской, В.А. Шевнин // – М., изд. МГУ, 1992. – 200 с.
89. Шкуратник, В.Л. Определение погрешностей при использовании низкочастотной аппаратуры в электроразведке на постоянном токе / В.Л. Шкуратник, О.Ф. Таныгин, М.О. Таныгин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва: МГГУ, 2009. – №2. – С. 142-144.
90. Корн, Г.А. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – Москва: Наука, 1974. – 832с.
91. Т. Андерсен. Статистический анализ временных рядов. – Москва: Мир, 1976. – 756с.
92. Зубов, К. Н. Метод расчета заземляющих устройств произвольной конфигурации в неоднородных грунтах / К. Н. Зубов, А. Е. Немировский // Липецк, Весты высш. учеб. Заведений Черноземья. – 2010. – №2. – С 21–26.
93. Зубов, К.Н. Проектирование заземлителя подстанции с нормировкой напряжения прикосновения в программе MathCAD [Текст] / К.Н. Зубов // Молодежь и высокие технологии: материалы регион. студен. конкурса компьютер. программ. – Вологда: ВоГТУ, 2006. - С. 53-55.

94. Zubov, K.N. Berechnungsverfahren für die Planung von Blitzschutz- und Erdungssystemen für Kraftwerke / K.N. Zubov // Materialien des wissenschaftlichen Seminars von Stipendiaten der Programme «Michail Lomonosov II» und «Immanuel Kant II» 2008/09. – Moskau: DAAD, 2009. – S. 258-261.
95. Активные фазированные антенные решетки/ Под ред. Д. И. Воскресенского и А. П. Канащенкова. - М.: Радиотехника, 2004. - 488 с.
96. S. Lezekiel, E.A. Soshea, M.F. O’Keefe and C.M. Showden, «Microwavephotonic multichip modules packagedona glass-silicon substrate» IEEE Transact on MTT, vol 43, Sept, 1995, pp 2421-2426.
97. Хемминг, Р. В. Численные методы. – Москва: Наука, 1968. – 400с.
98. Якобс, А.И. Приведение многослойной электрической структуры земли к эквивалентной двухслойной при расчете сложных заземлителей // Электричество. – 1970. – №8. – С. 19–22.
99. Кафтанова, Ю.В. Специальные функции математической физики. Часть I. – Харьков: Новое слово, 2009. – 178 с.
100. Марпл, С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – Москва: Мир, 1990. – 584с.
101. Ослон, А.Б. Применение оптической аналогии к расчету в многослойных средах / А.Б. Ослон, И.Н. Станкеева // Электричество. – 1977. – №11. – С. 77–79.
102. Дудко, К.Л. Определение среднего значения электросопротивления крутопадающих породных слоев / К.Л. Дудко, А.И. Шиканов // сборник материалов XVI международной научно-практической конференции. –2016. – С. 177–181.
103. ГОСТ 25494–82. Породы горные. Метод определения удельного электрического сопротивления. – Введ. 1982. – 04.11. – Москва: Изд-во стандартов, 1983. – 10с.
104. ГОСТ 21153.0–75. Породы горные. Отбор проб и общие требования к методам физических испытаний. – Введ. 1975. – 25.09. – Москва: Изд-во стандартов, 1982. – 3с.

105. РД 51-60-82. Породы горные. Инструкция по отбору, консервации и хранению керна. – Введ. 1983. – 12.05. – Москва: Всесоюзный научно-исследовательский институт природных газов, 1983. – 29с.
106. Губин, В.И. Статистические методы обработки экспериментальных данных: Учеб. пособие для студентов технических вузов / В.И. Губин, В.Н. Осташков. – Тюмень: Изд-во «ТюмГНГУ», 2007. – 201с.
107. Кравченко, Н.С. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме: учебное пособие / Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011 – 88 с.
108. Дудко, К.Л. Оценка влияния минералогической неоднородности и механических напряжений на результаты электропрофилирования в горных выработках / Вестник КузГТУ. – 2015. – №1. – С. 14–15.
109. Троллоп, Г.Х. Введение в механику скальных пород / Г.Х. Троллоп, Х. Бок, Б.С. Бест // Москва: Мир, 1983. – 276с.
110. Полинг, Л. Химия / Л. Полинг, П. Полинг // – Москва: Мир, 1978. – 683 с.
111. Полинг, Л. Общая химия. – Москва: Мир, 1974. – 846 с.
112. Бондарец, В.П. Отчет о геологоразведочных работах, проведенных на Таштагольском железорудном месторождении за период с 1.III.1960г. по 1.IV.1975г. с подсчетом запасов по состоянию на 1.IV.1975г / В.П. Бондарец, М.И. Селиверстова, М.П. Тараймович, и др. – Таштагол, 1975. – 724с.
113. Павлов, П.В. Физика твердого тела / П.В. Павлов, Хохлов А.Ф. – Москва: Высшая школа, 2000. – 494 с.
114. Косевич, А.М. Основы механики кристаллической решетки. Москва: Наука, 1972. – 280с.
115. Головин, Ю.И. Быстропротекающие электрические процессы и динамика дислокаций в пластически деформируемых щелочно-галогидных кристаллах / Ю.И. Головин, А.А. Шибков // ФТТ. –Т. 28. – Вып.II. – С. 3492–3500.

116. Руппенейт, К.В. Деформируемость трещиноватых массивов. Москва: Недра, 1975. – 221с.
117. Гор, А.Ю. Концентрационный порог разрушения и прогноз горных ударов / А.Ю. Гор, В.С. Куксенко, Н.Г. Томилин, Д.И. Фролов // ФТПРПИ. – 1989. – №3. – С. 54–60.
118. Иванов, В.В. Количественная оценка степени удароопасности массивов горных пород при разработке рудных месторождений электрометрическим методом на основе кинетических представлений о подготовке горных ударов / В.В. Иванов, В.А. Хямяляйнен, Д.С. Пашин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва: Изд-во «Горная книга», – 2014. – С. 195–200.
119. Дудко, К.Л. Установление критериев удароопасности массива для Таштагольского рудника по результатам подземного электропрофилеирования / К.Л. Дудко, А.И. Шиканов // материалы XIV Международной научно-практической конференции. – 2012. – Т.1. – С. 210-213.
120. Дудко, К.Л. Исследование электросопротивления образцов горных пород в предразрушающем состоянии / К.Л. Дудко, А.И. Шиканов // V Всероссийская, 58 научно-практическая конференция молодых ученых «Россия молодая». – 2013. Т.1. – С. 101–103.
121. Жданов, М.С. Электроразведка: Учебник для вузов.- Москва: Недра, 1986. – 316с.
122. Кожевников, Н.О. Быстропротекающая индукционно-вызванная поляризация в мерзлых породах // Геология и геофизика. – 2012. Т. 53. №4. – С. 527-540.
123. Абрамов, С.К. Осушение шахтных и карьерных полей. Способы, системы и расчеты осушения шахтных и карьерных полей / С.К. Абрамов, О.Б Скиргелло. – Москва: Недра, 1968 г. – 254с.
124. Васючков, Ю.Ф. Горное дело. Учеб. для техникумов. – Москва: Недра, 1990. – 512 с.
125. Ржевский, В.В. Основы физики горных пород : учебник для вузов / В.В. Ржевский, Г.Я. Новик. – Москва: Недра, 1984. – 369 с.

126. Сидоров, В.А. Об электрической поляризации несовершенных диэлектриков // Вопросы поляризации горных пород: Сб. статей под редакцией А. А. Молчанова и В. А. Сидорова. – Москва: ВНИИГИС, 1985. –109с.
127. Власов, С.П. Сборник задач с решениями теоретическим основам электротехники / С.П. Власов, В.С. Воротников, Н.А. Горохова // Учебное пособие. – Москва : МИИТ, 1985. – 68с.
128. Гусев, Е.В. Методы полевой геофизики: учебное пособие / Е.В. Гусев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 216с.
129. Методические указания по определению степени удароопасности массива электрометрическим методом на Таштагольском железорудном месторождении. - Кемерово: КузГТУ, 2019. - 23с.
130. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017613411. Автоматизированная система по прогнозу удароопасности по результатам подземного электропрофилирования / К. Л. Дудко; Заявл. 26.12.16; №2016664237; Зарегист. 17.03.2017.

**Титульный лист «Методических указаний по определению степени удароопасности массива электрометрическим методом на Таштагольском железорудном месторождении»**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Кузбасский государственный технический университет имени  
Т. Ф. Горбачева**

Согласовано:  
Проректор по научной работе КузГТУ



С.Г. Костюк

«03» апреля 2019

Утверждаю:  
Главный инженер Таштагольской шахты  
филиала «Евразруда – филиала АО «ЕВРАЗ  
ЗСМК»

А.С. Куприянов  
«9» апреля 2019 г.  
Начальник участка ПЦУ  
Таштагольской шахты

В.А. Штирц  
«9» апреля 2019 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по определению степени удароопасности массива  
электрометрическим методом на Таштагольском железорудном  
месторождении**

Кемерово 2019

### Пример обработки результатов электрометрических измерений с учетом геологического строения массива с электропрофилем

Обработка данных проводится на примере Юго-восточного полевого штрека для горизонта (-350) с использованием данных электропрофилирования за 23.12.14, 29.12.14 и 23.01.15.

1. В первую очередь проводится геологическая доразведка массива с электропрофилем для выявления слоёв с разными литологическими разностями и интервалами трещиноватости, а также измеряются мощности полученных слоев и наносятся центры измерительных центров (рис. 3.1).

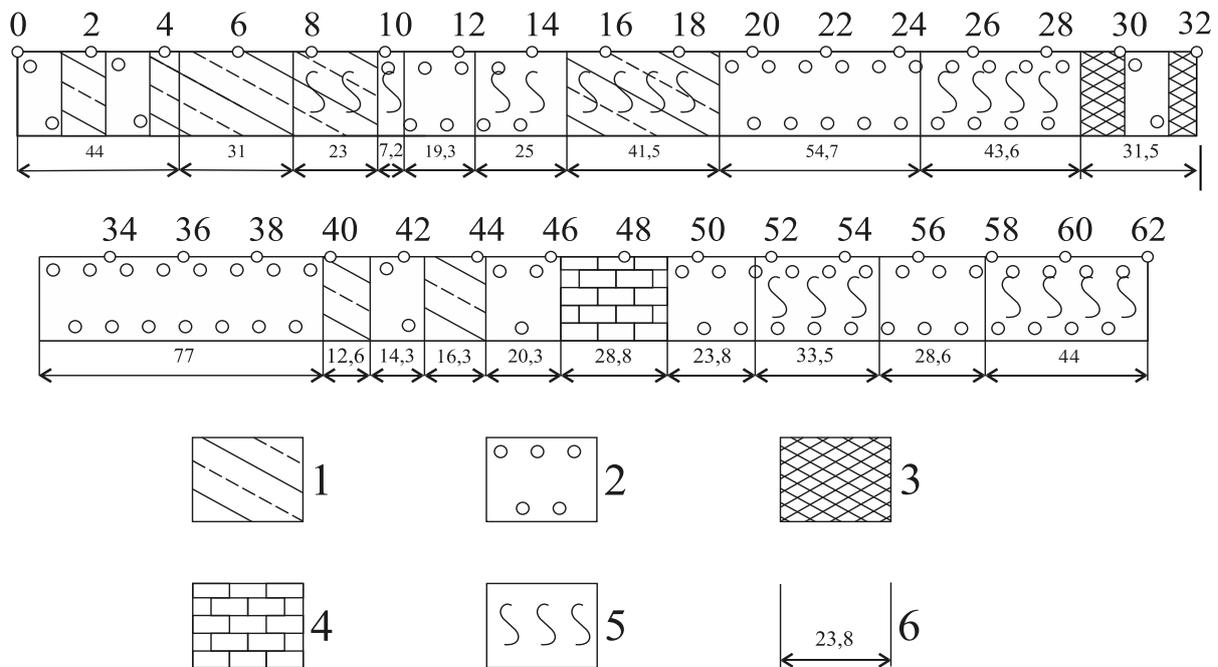


Рис.3.1. Геологический разрез электропрофиля Юго-восточного полевого штрека на горизонте (-350)

1 – сланцы; 2 – скарны нерудные; 3 – руда магнетитовая; 4 – известняк; 5 – трещиноватость; 6 – мощность  $i$ -го слоя  
0-62 – номера пикетов

2. В таблице 3.1 приводятся результаты замеров кажущегося электросопротивления, определяемые для каждого измерительного центра по формуле

$$\rho_{ki} = K \cdot \Delta U_i / I_i, \quad (3.1)$$

где  $K$  - коэффициент, учитывающий влияние выработки и геометрические размеры установки;  $\Delta U_i$  - измеряемая разность потенциалов между электродами MN;  $I_i$  - ток, измеряемый между питающими электродами АВ.

Таблица 3.1

## Результаты замеров кажущегося сопротивления

Дата за- мера перед горным ударом	№ из- мер-х цен- тров	$\rho_k$	Дата замера после гор- ного удара	№ из- мер-х цен- тров	$\rho_k$	Дата через месяц по- сле горного удара	№ из- мер-х цен- тров	$\rho_k$
23.12.2014	0	847,80	29.12.2014	0	8540,80	23.01.2015	0	1265,42
	2	1538,60		2	5604,90		2	7127,80
	4	27318,00		4	365,81		4	32342,00
	6	119006,00		6	3673,80		6	392,50
	8	33127,00		8	4710,00		8	46001,00
	10	213,52		10	1281,12		10	1414,57
	12	582,47		12	62,64		12	321,85
	14	723,77		14	189,97		14	5400,80
	16	2276,50		16	2339,30		16	5871,80
	18	149,15		18	182,12		18	1774,10
	20	273,18		20	52,91		20	78971,00
	22	3014,40		22	94671,00		22	157,00
	24	1381,60		24	375,23		24	78971,00
	26	345,40		26	1061,32		26	2606,20
	28	664,11		28	1601,40		28	929,44
	30	226,08		30	40,82		30	186,83
	32	230,79		32	126,07		32	461,58
	34	952,99		34	282,60		34	499,26
	36	2888,80		36	2920,20		36	2009,60
	38	1004,80		38	893,33		38	6028,80
	40	248,06		40	292,02		40	48,51
	42	87,92		42	164,85		42	7379,00
44	1215,18	44	350,11	44	315,57			
46	78,50	46	6625,40	46	957,70			
48	36,11	48	135,96	48	1496,21			
50	59,66	50	150,88	50	458,44			
52	188,40	52	786,57	52	237,07			
54	97,34	54	86,35	54	6578,30			
56	193,11	56	78,97	56	1212,04			
58	54,95	58	85,09	58	1012,65			
60	240,21	60	422,33	60	1491,50			
62	65,94	62	1868,30	62	100,48			

3. Из полученных в пункте 2 значений исключаются аномальные значения электросопротивления  $\rho_k$ , которые больше 1500 Ом м. В таблице 3.2 приводятся аномальные значения, которые были исключены.

Аномальные значения

Дата за- мера перед горным ударом	№ из- мер-х цен- тров	$\rho_k$	Дата замера после гор- ного удара	№ из- мер-х цен- тров	$\rho_k$	Дата через месяц по- сле горного удара	№ из- мер-х цен- тров	$\rho_k$
23.12.2014	4	27318,00	29.12.2014	0	8540,80	23.01.2015	2	7127,80
	6	119006,00		2	5604,90		4	32342,00
	8	33127,00		6	3673,80		8	46001,00
	16	2276,50		8	4710,00		14	5400,80
	22	3014,40		16	2339,30		16	5871,80
	36	2888,80		22	94671,00		18	1774,10
	-	-		28	1601,40		20	78971,00
	-	-		36	2920,20		24	78971,00
	-	-		46	6625,40		26	2606,20
	-	-		62	1868,30		36	2009,60
	-	-		-	-		38	6028,80
	-	-		-	-		42	7379,00
	-	-		-	-		54	6578,30

4. С учетом п.1 и п.3 для каждого выделенного слоя определяется среднее электросопротивление по формуле

$$\rho_{k(ср.сл)} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_{ki}}{i}, \quad (3.2)$$

где  $\rho_{ki}$  - кажущееся электросопротивление в  $i$ -ом измерительном центре Ом м,  $i$  – количество измерительных центров в каждом слое.

В случае невозможности определить среднее значение электросопротивления в слое (в связи с исключением аномальных значений), он исключался из расчетов.

Ниже приводится сводная таблица 3.3 с указанием даты, номера слоя и измерительных центров, которые в него вошли, а также его мощностью и среднее значение электросопротивления в нем. Аналогичные таблицы составляются для замеров в другие дни.

Мощности и средние значения сопротивлений выделенных слоёв  
для замера, проведенного 23.12.2014

Дата замера	Номер слоя	Мощность слоя, м	Номера измерительных центров входящих в слой	$\rho_{k(ср.сл)}$
23.12.2014	1	40	0-2	1193,20
	2	7,2	10	213,52
	3	19,3	12	582,47
	4	25	14	723,77
	5	20	18	149,15
	6	54,7	20-24	827,39
	7	43,6	26-28	504,76
	8	31,5	30-32	228,44
	9	77	34-38	978,90
	10	12,6	40	248,06
	11	14,3	42	87,92
	12	16,3	44	1215,18
	13	20,3	46	78,50
	14	28,8	48	36,11
	15	23,8	50	59,66
	16	33,5	52-54	142,87
	17	28,6	56	193,11
	18	51,8	58-62	120,37

5. Далее определяется среднее значение электросопротивления  $\rho_{k(ср.нр)}$  для профиля целиком с использованием следующей формулы

$$\rho_{k(ср.нр)} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\frac{h_1}{\rho_{k1}} + \frac{h_2}{\rho_{k2}} + \dots + \frac{h_n}{\rho_{kn}}}, \quad (3.3)$$

где  $h_i$  - мощность  $i$ -го слоя, м;  $\rho_{ki}$  - среднее кажущееся электросопротивление в  $i$ -том слое, Ом м.

Ниже приводится пример (3.4) расчета для замера, проведенного 23.12.2014 с использованием таблицы 3.3.

$$\rho_{k(ср.нр)} = \frac{40,0 + 7,2 + 19,3 + 25,0}{\frac{40,0}{1193,2} + \frac{7,2}{213,52} + \frac{19,3}{582,47} + \frac{25,0}{723,77}} + \frac{20,0 + 54,7 + 43,6 + 31,5 + 77,0 + 12,6 + 14,3 + 16,3 + \frac{20,0}{149,15} + \frac{54,7}{827,39} + \frac{43,6}{504,76} + \frac{31,5}{228,44} + \frac{77,0}{978,90} + \frac{20,3 + 28,8 + 23,8 + 33,5 + 28,6 + \frac{12,6}{248,06} + \frac{14,3}{87,92} + \frac{16,3}{1215,18} + \frac{20,3}{78,50} + \frac{28,8}{36,11} + \frac{51,8}{\frac{23,8}{59,66} + \frac{33,5}{142,87} + \frac{28,6}{193,11} + \frac{51,8}{120,37}}}{3,13} = 175,18 \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (3.4)$$

Аналогичные расчеты для замеров, проведенных 29.12.2014 и 23.01.2015, равны 197,28 Ом · м и 377,08 Ом · м соответственно.

6. Определение электрометрического коэффициента  $K_\rho$  производится по формуле

$$K_\rho = \rho_{k(ср.нр)} / \rho_H, \quad (3.5)$$

где  $\rho_H$  - электросопротивления при неудароопасном состоянии массива (принято равным  $\rho_H = 300$  Ом м),.

Ниже приводится пример (3.6) расчета  $K_\rho$  для замера, проведенного 23.12.2014.

$$K_\rho = 175,18 / 300 = 0,58 \quad (3.6)$$

Аналогичные расчеты для замеров, проведенных 29.12.2014 и 23.01.2015, равны 0,65 и 1,25 соответственно.

7. По значению электрометрического коэффициента  $K_{\rho}$  и таблицы 3.1, определяется категория удароопасности.

В таблице 3.2. представлены результаты определения категории удароопасности.

Таблица 3.2

## Результаты определения категории удароопасности

Дата	Категория удароопасности
23.12.2014	установлена возможность локальной концентрации напряжений в выработках или проявления толчков с энергией $10^3 - 10^5$ Дж
29.12.2014	установлена возможность локальной концентрации напряжений в выработках
23.01.2015	установлено отсутствие удароопасности

**Водопротоки и температурные данные Таштагольского рудника за период с 2004 по 2011 годы**

Год	Месяц	Горизонт													
		+70		0		-70		-140		-210		-280		-350	
		V, м <sup>3</sup> /ч	t, С°												
2004	январь	32.3	9.6	32.6	10	56.5	10.5	27.6	11.9	26.2	12.6	89.9	13.5	140.4	13.8
	февраль	34.2	9.5	30.1	10.3	47.5	10.9	25.9	12.1	22.3	12.7	89.2	13.6	134.8	14
	март	39.3	9.5	35.1	10	50.8	10.4	25.5	11.9	20.2	12.3	89.6	13.5	122.3	14.1
	апрель	34.8	6.5	46.7	9.5	116.2	10.3	34.7	11.7	54.0	12.6	132.1	13.3	203.2	14.4
	май	43.1	9.3	50	10.8	113.8	11	50.7	12.3	83.5	12.7	148.6	13.7	193	14.3
	июнь	41.4	10.1	44.8	12.4	100	11.8	42.2	13.2	60.3	13.6	115	14.3	156.9	15.1
	июль	37.5	10.2	39.9	12.5	78.2	12.3	29.4	13.9	39.7	14.8	96.5	14.6	135.8	15.4
	август	31.4	9.8	34.3	12.6	61.8	12.3	29.5	14.1	39.5	14.3	80.3	14.6	146	15.2
	сентябрь	28.8	9.8	35	11.3	58.9	11.6	27.7	13.3	36.2	13.7	89.3	14.1	137.3	14.7
	октябрь	31.3	9.5	34.1	10.3	50.6	11.1	26.7	12.3	25.7	13	87.3	13.6	128.6	14.4
	ноябрь	29.5	9.5	33.1	10.1	52.8	10.7	28.2	11.7	20.7	12.6	71.6	13	137.9	14.2
	декабрь	30.3	9.6	35.7	10	45.6	10.5	35.5	11.5	20.2	12	71.5	12.8	130.6	14.2
2005	январь	35.5	9.6	40.2	9.3	22.6	10.4	43.8	11.4	19.9	11.8	71.3	12.7	122.7	14.1
	февраль	32.5	9.7	33.2	9.5	19.7	10.3	38.6	11.3	18.9	11.7	69.2	12.6	111.5	14.3
	март	30.4	9.6	32.1	10.9	18.5	10.5	35.9	11.4	18.9	12.5	73	13.3	102	14.3
	апрель	38.5	9.7	36.9	10.5	39.2	11.5	43.4	12.0	27.3	12.7	76.2	11.5	132	13.6
	май	36.6	9.8	41.5	10.4	61.2	10.6	54.2	11.8	36	12.5	111.3	13.2	151.2	14.2
	июнь	35.5	9.9	36.1	11.8	56.6	11.7	47.4	12.8	33.5	14.1	86.8	14.1	119.4	14.8
	июль	36.2	10.1	37	13.1	61.6	12.9	29.9	13.7	28.1	15	80.8	14.8	112.6	15.5
	август	34.9	10.3	34.3	13.5	61.5	12.3	24.6	14.3	27.3	15.2	80.5	14.8	128.3	15.8
	сентябрь	37.8	10.1	31.5	11.7	52.7	11.4	28.5	13.3	23.8	14.1	78.5	14.3	108.4	15.2
	октябрь	30	10.1	31.7	11.1	44.2	11.1	24	13.1	22.4	13.5	73.1	14	115.3	14.8
	ноябрь	30.5	9.8	31.7	10.6	47.3	10.8	23.7	12.5	22.9	12.5	66.3	13.6	128.6	14.6
	декабрь	34.1	9.8	31.5	9.6	50.2	10.3	23.8	11.9	20	11.7	62.7	13	122.2	14.1

2006	январь	29.5	9.7	28	9.3	43.8	10.2	23	11.5	18.3	11.1	61.3	12.8	117.9	13.9
	февраль	30.6	9.7	28.1	9.3	37.5	10.3	21	11.2	16.8	11.4	60.4	12.9	109.9	12
	март	28.5	9.7	25.5	9.4	38.3	10.7	21.4	11.6	17	11.7	57.8	13.1	118.6	13.9
	апрель	12.9	9.8	32.8	9.8	47.7	10.6	32.0	11.7	27.4	12.3	64.0	13.2	134	14.1
	май	45.7	9.8	56.1	9.6	95.3	10.5	88.3	11.4	40.9	12	151.3	13.5	225.6	13.9
	июнь	38.3	9.7	44.5	11.6	94.7	11.7	75.6	12.6	39.4	13.8	133	13.9	176.7	14.4
	июль	39.1	9.7	37.8	12.4	51.1	12.4	43.5	14.4	25.3	14.2	91.1	14.3	150.8	15.9
	август	39.7	9.8	32.6	12.1	49.3	12.3	39.7	14.1	22.8	14	80.3	14.3	148.5	15.3
	сентябрь	35.6	9.7	31.6	11.6	47.8	11.8	35.8	13.8	20.6	13.7	93.9	14.1	143.8	15.2
	октябрь	38.9	9.7	22.0	10.8	51.2	11	30.9	13.1	20.3	13.9	79.3	14	156.8	15.4
	ноябрь	35.7	10	32.4	10.3	48.4	10.5	33.6	12.7	21	13.4	80.2	13.9	140.5	14.6
декабрь	36.5	9.9	29.8	9.6	44.1	10.3	32.5	11.7	22.2	12.1	67.7	13.3	138.9	14.3	
2007	январь	33.7	10	28.2	9.3	38.5	10	25.1	10.8	19.2	11.4	62.9	12.7	123.6	13.7
	февраль	32.1	9.5	26.1	9.2	34.0	9.5	31.0	10.6	17.6	11.3	62.3	12.4	124.0	13.6
	март	30.2	9.8	22.6	9.8	26.3	7.0	36.8	11.1	16.2	12.1	62.7	12.4	117.4	12.7
	апрель	31.7	9.5	31.5	9.9	55.8	10.6	48.8	11.8	24.9	12.1	82.5	13.3	161.1	14.2
	май	33.3	9.7	37.4	10.8	94.0	10.7	37.0	11.9	36.3	12.7	112.4	13.7	187.6	14.4
	июнь	38.7	9.7	49.1	10.6	115.3	11.4	43.9	11.8	44.7	12.7	113.6	13.2	205.3	14.0
	июль	36.1	10.1	35.4	13.8	74.0	12.0	43.0	13.5	31.3	14.4	96.1	14.6	208.3	15.5
	август	45.2	10.0	30.5	12.7	60.1	11.9	32.5	13.4	27.5	14.3	94.9	14.5	154.6	15.7
	сентябрь	36.1	10.1	30.0	11.7	56.9	11.5	31.2	12.8	21.6	13.5	92.2	13.9	138.2	15.0
	октябрь	33.2	9.7	28.6	11.1	51.2	11.3	28.1	12.3	24.4	13.3	82.8	13.9	124.5	14.6
	ноябрь	33.6	9.8	27.8	10.5	48.7	10.8	28.1	11.9	24.0	12.7	78.7	13.5	129.2	14.3
декабрь	35.1	10.3	25.6	10.7	52.1	9.0	22.8	11.8	18.8	12.4	90.6	13.5	129.5	14.2	
2008	январь	37.8	10.0	23.6	9.0	47.4	9.0	27.2	11.2	20.2	11.8	78.4	12.9	137.7	14.0
	февраль	37.8	10.0	26.6	8.4	44.8	7.4	19.1	11.5	18.7	12.0	81.7	13.0	129.6	14.3
	март	37.1	10.2	27.7	9.8	45.3	10.1	23.7	11.6	19.3	12.4	79.2	13.3	133.2	14.2
	апрель	42.5	9.7	38.2	10.1	80.9	10.6	32.6	11.6	28.3	12.7	97.8	13.4	160.0	14.3
	май	48.1	10.0	42.3	11.8	94.9	11.9	44.1	12.9	34.3	13.8	117.0	14.0	179.1	15.0
	июнь	42.5	9.9	40.6	12.5	97.1	12.8	37.3	13.6	31.9	14.9	98.5	14.5	175.8	15.5
	июль	41.6	10.2	34.4	13.7	80.1	13.7	29.7	15.0	27.6	15.4	88.5	14.8	181.1	15.8

2008	август	41.6	10.2	27.7	13.2	73.4	13.6	34.1	14.3	27.1	14.9	80.1	14.9	146.2	15.5
	сентябрь	36.1	9.7	30.0	11.9	80.0	12.5	32.6	13.2	31.6	13.9	79.7	14.3	167.5	15.3
	октябрь	41.9	10.3	35.0	11.6	73.4	12.3	28.9	12.4	30.8	13.3	85.1	14.2	166.2	15.0
	ноябрь	32.0	9.4	34.7	11.3	70.1	12.0	33.1	12.5	30.3	13.5	82.7	14.0	140.9	14.8
	декабрь	30.7	9.3	32.4	9.8	76.8	10.7	27.3	11.8	30.4	12.6	79.8	13.7	168.5	14.3
2009	январь	37.1	9.8	34.5	10.0	63.1	10.0	23.4	11.3	24.5	11.7	77.2	13.3	150.1	13.6
	февраль	33.4	9.9	29.3	9.7	60.5	9.8	29.1	11.3	26.5	11.8	81.1	13.1	128.7	13.9
	март	31.2	9.7	27.8	9.8	58.7	9.8	26.0	11.5	24.6	12.4	74.6	13.0	138.7	13.9
	апрель	38.6	9.2	39.7	9.8	90.1	9.6	41.8	11.7	46.7	11.8	110.4	13.1	202.6	13.9
	май	42.5	9.4	46.7	10.5	115.7	10.6	54.1	12.1	45.0	12.4	143.4	13.4	245.6	14.1
	июнь	36.7	38.4	42.5	10.8	98.5	11.9	43.4	12.9	47.5	13.2	108.9	14.0	213.6	14.7
	июль	35.7	9.9	38.4	11.5	82.7	12.8	41.5	14.1	45.3	14.1	97.1	14.4	165.4	14.8
	август	43.9	10.0	38.3	11.8	69.7	13.0	38.0	13.9	41.5	14.0	85.0	14.4	169.2	15.1
	сентябрь	44.1	9.9	33.7	11.0	77.3	10.3	35.6	14.6	35.3	13.3	87.2	14.0	171.9	13.9
	октябрь	49.7	9.4	36.6	10.3	80.5	11.1	39.8	13.1	35.6	13.1	95.0	13.5	177.0	14.1
	ноябрь	42.5	9.6	38.8	10.6	82.9	11.0	43.3	12.6	47.2	12.7	106.5	13.6	222.2	14.1
декабрь	45.0	10.0	34.9	10.1	76.5	10.4	45.9	11.9	33.7	12.9	72.8	13.3	174.5	13.9	
2010	январь	38.8	9.6	31.7	10.0	69.0	11.0	36.3	11.3	28.7	12.7	71.7	12.9	169.3	13.9
	февраль	36.0	9.1	27.2	10.4	56.1	10.7	44.0	11.5	25.4	12.8	67.1	13.2	126.8	13.9
	март	32.4	10.0	25.7	10.8	50.6	11.6	40.0	11.7	23.2	13.5	74.8	14.0	134.4	14.3
	апрель	42.8	9.3	29.4	10.2	71.1	11.1	44.9	11.7	28.8	13.1	71.2	13.36	156.8	12.3
	май	46.8	9.3	65.2	10.1	115.6	10.9	49.5	11.8	44.7	12.9	129.9	13.5	247.6	14.3
	июнь	41.6	10.0	49.8	11.3	104.6	11.8	39.9	12.7	46.2	13.5	100.7	14.0	187.5	14.6
	июль	51.9	9.9	50.0	11.8	105.3	12.9	41.9	13.9	51.5	14.2	101.3	14.5	231.7	14.9
	август	39.2	10.3	43.1	12.3	72.1	12.8	29.3	12.9	34.9	14.2	92.6	14.5	173.0	14.9
	сентябрь	36.1	9.9	40.8	11.3	61.1	11.7	45.7	12.4	36.1	13.4	87.6	14.1	154.8	15.1
	октябрь	39.5	9.8	39.8	11.7	63.9	12.2	30.5	12.4	31.3	13.7	79.3	14.2	145.9	14.5
	ноябрь	40.7	10.1	35.3	11.1	56.9	12.8	31.6	12.6	28.4	13.6	75.7	14.5	174.8	14.7
декабрь	38.6	10.3	39.3	11.1	53.1	11.0	35.3	11.8	31.6	13.1	69.1	14.1	174.5	14.3	

2011	январь	37.3	9.9	42.5	10.3	61.8	9.4	32.4	10.4	32.5	12.3	73.4	13.7	172.9	13.9
	февраль	39.4	9.9	38.5	11.1	63.9	10.0	37.5	10.7	34.3	12.5	70.7	13.8	199.2	14.3
	март	37.4	9.3	39.3	10.8	57.6	9.7	32.2	10.7	44.2	12.5	61.1	13.4	181.2	14.2
	апрель	49.7	9.4	69.9	11.3	91.0	11.0	45.8	11.4	56.2	12.8	97.4	14.0	234.6	13.9
	май	55.3	9.3	63.6	10.6	97.4	10.5	41.1	11.1	58.1	12.9	109.2	13.7	300.4	14.1
	июнь	61.5	9.8	51.3	11.9	82.7	12.3	37.2	13.0	52.1	13.6	86.7	14.1	243.8	14.9
	июль	61.6	10.2	39.6	13.1	66.8	12.8	31.9	13.3	44.6	13.8	73.2	14.6	195.9	15.2

## Приложение Г

## Электрометрические измерения с 2011 по 2016 гг. на горизонте (-350)

Юго-Восточный полевой штрек			Порожняковый квершлаг			Грузовой квершлаг		
Дата	Точка	R, Ом м	Дата	Точка	R, Ом м	Дата	Точка	R, Ом м
12.04.2011	0	304,58	12.04.2011	8	119,32	12.04.2011	0	329,70
12.04.2011	2	7 410,40	12.04.2011	10	207,24	12.04.2011	2	6 028,80
12.04.2011	4	2 056,70	12.04.2011	12	394,07	12.04.2011	4	1 884,00
12.04.2011	6	1 727,00	12.04.2011	14	174,27	12.04.2011	6	1 617,10
12.04.2011	8	2 276,50	12.04.2011	16	343,83	12.04.2011	8	2 920,20
12.04.2011	10	1 821,20	12.04.2011	18	255,91	12.04.2011	10	7 394,70
12.04.2011	12	350,11	12.04.2011	20	323,42	12.04.2011	12	1 789,80
12.04.2011	14	180,55	12.04.2011	22	675,10	12.04.2011	14	513,39
12.04.2011	16	423,90	12.04.2011	24	196,25	12.04.2011	16	2 355,00
12.04.2011	18	756,74	12.04.2011	26	568,34	12.04.2011	18	4 882,70
12.04.2011	20	185,26	12.04.2011	28	298,30	12.04.2011	20	389,36
12.04.2011	22	293,59	12.04.2011	30	66,41	12.04.2011	22	549,50
12.04.2011	24	667,25	12.04.2011	32	565,20	12.04.2011	24	885,48
12.04.2011	26	496,12	12.04.2011	34	954,56	12.04.2011	26	2 464,90
12.04.2011	28	894,90	12.04.2011	36	502,40	12.04.2011	28	13 031,00
12.04.2011	30	657,83	12.04.2011	38	668,82	12.04.2011	30	5 306,60
12.04.2011	32	549,50	12.04.2011	40	811,69	12.04.2011	32	480,42
12.04.2011	34	2 873,10	12.04.2011	42	235,50	12.04.2011	34	324,99
12.04.2011	36	386,22	12.04.2011	44	309,29	12.04.2011	36	456,87
12.04.2011	38	207,24	12.04.2011	46	1 114,70	12.04.2011	38	1 106,85
12.04.2011	40	304,58	12.04.2011	48	901,18	12.04.2011	40	679,81
12.04.2011	42	648,41	12.04.2011	50	621,72	12.04.2011	42	1 993,90
12.04.2011	44	885,48	12.04.2011	52	200,96	12.04.2011	44	3 846,50
12.04.2011	46	163,28	12.04.2011	54	166,42	12.04.2011	46	926,30
12.04.2011	48	180,55	12.04.2011	56	653,12	12.04.2011	48	6 766,70
12.04.2011	50	282,60	12.04.2011	58	932,58	12.04.2011	50	1 601,40
12.04.2011	52	76,46	12.04.2011	60	3 438,30	06.11.2012	0	1 507,20
12.04.2011	54	811,69	12.04.2011	62	328,13	06.11.2012	2	69,87
12.04.2011	56	233,93	12.04.2011	64	210,38	06.11.2012	4	16,49
12.04.2011	58	164,85	12.04.2011	66	1 679,90	06.11.2012	6	87,45
12.04.2011	60	282,60	12.04.2011	68	2 496,30	06.11.2012	8	17,74
12.04.2011	62	1 852,60	06.11.2012	8	237,07	06.11.2012	10	61,86
06.11.2012	0	121,68	06.11.2012	10	113,20	06.11.2012	12	38,94
06.11.2012	2	628,00	06.11.2012	12	133,92	06.11.2012	14	133,92
06.11.2012	4	133 764,00	06.11.2012	14	265,33	06.11.2012	16	160,14
06.11.2012	6	3 312,70	06.11.2012	16	100,32	06.11.2012	18	96,56
06.11.2012	8	1 946,80	06.11.2012	18	226,08	06.11.2012	20	55,58
06.11.2012	10	101,89	06.11.2012	20	172,70	06.11.2012	22	54,17
06.11.2012	12	405,06	06.11.2012	22	331,27	06.11.2012	24	61 230,00
06.11.2012	14	196,25	06.11.2012	24	185,26	06.11.2012	26	117,75
06.11.2012	16	642,13	06.11.2012	26	314,00	06.11.2012	28	200,96

06.11.2012	18	262,19
06.11.2012	20	273,18
06.11.2012	22	2 009,60
06.11.2012	24	3 108,60
06.11.2012	26	321,85
06.11.2012	28	252,77
06.11.2012	30	383,08
06.11.2012	32	158,57
06.11.2012	34	150,72
06.11.2012	36	1 207,33
06.11.2012	38	794,42
06.11.2012	40	2 072,40
06.11.2012	42	125,60
06.11.2012	44	80,86
06.11.2012	46	701,79
06.11.2012	48	285,74
06.11.2012	50	64,37
06.11.2012	52	34,85
06.11.2012	54	36,90
06.11.2012	56	66,57
06.11.2012	58	16,49
06.11.2012	60	102,05
06.11.2012	62	178,98
08.02.2013	0	27,00
08.02.2013	2	7 598,80
08.02.2013	4	982 820,00
08.02.2013	6	279 460,00
08.02.2013	8	97 026,00
08.02.2013	10	2 716,10
08.02.2013	12	2 920,20
08.02.2013	14	461,58
08.02.2013	16	500,83
08.02.2013	18	910,60
08.02.2013	20	1 196,34
08.02.2013	22	42,23
08.02.2013	24	9 529,90
08.02.2013	26	346,97
08.02.2013	28	635,85
08.02.2013	30	189,97
08.02.2013	32	310,86
08.02.2013	34	189,97
08.02.2013	36	8 870,50
08.02.2013	38	3 045,80
08.02.2013	40	47,10
08.02.2013	42	584,04

06.11.2012	28	204,10
06.11.2012	30	279,46
06.11.2012	32	63,90
06.11.2012	34	3 862,20
06.11.2012	36	172,70
06.11.2012	38	7 457,50
06.11.2012	40	1 695,60
06.11.2012	42	386,22
06.11.2012	44	62,64
06.11.2012	46	303,01
06.11.2012	48	246,49
06.11.2012	50	1 084,87
06.11.2012	52	249,63
06.11.2012	54	444,31
06.11.2012	56	248,06
06.11.2012	58	219,80
06.11.2012	60	76,77
06.11.2012	62	244,92
06.11.2012	64	309,29
06.11.2012	66	172,70
06.11.2012	68	494,55
08.02.2013	8	1 397,30
08.02.2013	10	368,95
08.02.2013	12	116,02
08.02.2013	14	226,08
08.02.2013	16	146,32
08.02.2013	18	584,04
08.02.2013	20	288,88
08.02.2013	22	260,62
08.02.2013	24	1 617,10
08.02.2013	26	1 130,40
08.02.2013	28	1 048,76
08.02.2013	30	321,85
08.02.2013	32	428,61
08.02.2013	34	3 077,20
08.02.2013	36	361,10
08.02.2013	38	833,67
08.02.2013	40	918,45
08.02.2013	42	1 073,88
08.02.2013	44	86,35
08.02.2013	46	277,89
08.02.2013	48	323,42
08.02.2013	50	2 056,70
08.02.2013	52	833,67
08.02.2013	54	423,90

06.11.2012	30	166,42
06.11.2012	32	67,51
06.11.2012	34	116,02
06.11.2012	36	117,75
06.11.2012	38	224,51
06.11.2012	40	216,66
06.11.2012	42	229,22
06.11.2012	44	241,78
06.11.2012	46	287,31
06.11.2012	48	237,07
06.11.2012	50	80,07
08.02.2013	0	1 405,15
08.02.2013	2	123,40
08.02.2013	4	321,85
08.02.2013	6	16,49
08.02.2013	8	17,74
08.02.2013	10	54,48
08.02.2013	12	62,64
08.02.2013	14	53,69
08.02.2013	16	102,05
08.02.2013	18	29,52
08.02.2013	20	38,78
08.02.2013	22	125,60
08.02.2013	24	411,34
08.02.2013	26	25,91
08.02.2013	28	104,72
08.02.2013	30	185,26
08.02.2013	32	82,43
08.02.2013	34	31,40
08.02.2013	36	110,37
08.02.2013	38	142,56
08.02.2013	40	38,47
08.02.2013	42	224,51
08.02.2013	44	140,99
08.02.2013	46	102,21
08.02.2013	48	84,47
08.02.2013	50	16,80
05.06.2013	0	7 991,30
05.06.2013	2	62,80
05.06.2013	4	408,20
05.06.2013	6	227,65
05.06.2013	8	78,50
05.06.2013	10	23,71
05.06.2013	12	194,68
05.06.2013	14	29,05

08.02.2013	44	552,64
08.02.2013	46	538,51
08.02.2013	48	66,57
08.02.2013	50	1 679,90
08.02.2013	52	16,01
08.02.2013	54	90,90
08.02.2013	56	48,36
08.02.2013	58	563,63
08.02.2013	60	95,30
08.02.2013	62	326,56
05.06.2013	0	16 171,00
05.06.2013	2	27 004,00
05.06.2013	4	259 050,00
05.06.2013	6	16 171,00
05.06.2013	8	95 613,00
05.06.2013	10	1 497,78
05.06.2013	12	281,03
05.06.2013	14	62,80
05.06.2013	16	2 778,90
05.06.2013	18	549,50
05.06.2013	20	1 679,90
05.06.2013	22	1 491,50
05.06.2013	24	7 897,10
05.06.2013	26	1 852,60
05.06.2013	28	210,38
05.06.2013	30	255,91
05.06.2013	32	310,86
05.06.2013	34	274,75
05.06.2013	36	6 280,00
05.06.2013	38	4 788,50
05.06.2013	40	359,53
05.06.2013	42	95,77
05.06.2013	44	161,71
05.06.2013	46	146,01
05.06.2013	48	133,45
05.06.2013	50	32,34
05.06.2013	52	43,96
05.06.2013	54	213,52
05.06.2013	56	587,18
05.06.2013	58	99,07
05.06.2013	60	102,05
05.06.2013	62	466,29
13.09.2013	0	3 642,40
13.09.2013	2	16 673,40
13.09.2013	4	18 871,40

08.02.2013	56	417,62
08.02.2013	58	183,69
08.02.2013	60	87,92
08.02.2013	62	166,42
08.02.2013	64	186,83
08.02.2013	66	720,63
08.02.2013	68	584,04
05.06.2013	8	301,44
05.06.2013	10	147,58
05.06.2013	12	118,38
05.06.2013	14	249,63
05.06.2013	16	124,03
05.06.2013	18	1 389,45
05.06.2013	20	172,70
05.06.2013	22	1 070,74
05.06.2013	24	78,50
05.06.2013	26	309,29
05.06.2013	28	378,37
05.06.2013	30	58,72
05.06.2013	32	425,47
05.06.2013	34	5 934,60
05.06.2013	36	257,48
05.06.2013	38	445,88
05.06.2013	40	833,67
05.06.2013	42	3 249,90
05.06.2013	44	57,93
05.06.2013	46	182,12
05.06.2013	48	111,47
05.06.2013	50	516,53
05.06.2013	52	577,76
05.06.2013	54	934,15
05.06.2013	56	464,72
05.06.2013	58	233,93
05.06.2013	60	94,20
05.06.2013	62	211,95
05.06.2013	64	282,60
05.06.2013	66	271,61
05.06.2013	68	329,70
13.09.2013	8	907,46
13.09.2013	10	258,11
13.09.2013	12	124,97
13.09.2013	14	317,14
13.09.2013	16	2 446,06
13.09.2013	18	18 714,40
13.09.2013	20	34 226,00

05.06.2013	16	53,22
05.06.2013	18	66,10
05.06.2013	20	447,45
05.06.2013	22	942,00
05.06.2013	24	3 312,70
05.06.2013	26	257,48
05.06.2013	28	158,57
05.06.2013	30	78,50
05.06.2013	32	199,39
05.06.2013	34	54,32
05.06.2013	36	233,93
05.06.2013	38	215,09
05.06.2013	40	169,56
05.06.2013	42	72,22
05.06.2013	44	485,13
05.06.2013	46	1 031,49
05.06.2013	48	899,61
05.06.2013	50	185,26
13.09.2013	0	60,92
13.09.2013	2	17 772,40
13.09.2013	4	536,94
13.09.2013	6	135,02
13.09.2013	8	1 080,16
13.09.2013	10	243,04
13.09.2013	12	1 168,08
13.09.2013	14	427,04
13.09.2013	16	11 743,60
13.09.2013	18	486,70
13.09.2013	20	2 311,04
13.09.2013	22	24 868,80
13.09.2013	24	112 098,00
13.09.2013	26	5 118,20
13.09.2013	28	847,80
13.09.2013	30	1 155,52
13.09.2013	32	1 733,28
13.09.2013	34	1 127,26
13.09.2013	36	872,92
13.09.2013	38	392,50
13.09.2013	40	249,00
13.09.2013	42	511,82
13.09.2013	44	30 552,20
13.09.2013	46	27 600,60
13.09.2013	48	960,84
13.09.2013	50	348,54
09.10.2013	0	370,52

13.09.2013	6	6 939,40
13.09.2013	8	20 221,60
13.09.2013	10	1 237,16
13.09.2013	12	22 922,00
13.09.2013	14	835,24
13.09.2013	16	97,65
13.09.2013	18	653,12
13.09.2013	20	13 910,20
13.09.2013	22	28 511,20
13.09.2013	24	9 577,00
13.09.2013	26	1 447,54
13.09.2013	28	505,54
13.09.2013	30	828,96
13.09.2013	32	182,12
13.09.2013	34	256,54
13.09.2013	36	26 376,00
13.09.2013	38	15 731,40
13.09.2013	40	690,80
13.09.2013	42	213,52
13.09.2013	44	311,17
13.09.2013	46	612,30
13.09.2013	48	505,54
13.09.2013	50	66,88
13.09.2013	52	546,36
13.09.2013	54	1 588,84
13.09.2013	56	1 362,76
13.09.2013	58	2 050,42
13.09.2013	60	458,44
13.09.2013	62	383,08
09.10.2013	0	855,65
09.10.2013	2	12 261,70
09.10.2013	4	14 271,30
09.10.2013	6	32 813,00
09.10.2013	8	48 199,00
09.10.2013	10	14 161,40
09.10.2013	12	2 464,90
09.10.2013	14	141 771,00
09.10.2013	16	725,34
09.10.2013	18	420,76
09.10.2013	20	126 071,00
09.10.2013	22	79 913,00
09.10.2013	24	4 662,90
09.10.2013	26	123,09
09.10.2013	28	13 297,90
09.10.2013	30	188,40

13.09.2013	22	9 357,20
13.09.2013	24	20 221,60
13.09.2013	26	8 729,20
13.09.2013	28	467,86
13.09.2013	30	1 981,34
13.09.2013	32	1 472,66
13.09.2013	34	5 212,40
13.09.2013	36	1 761,54
13.09.2013	38	1 406,72
13.09.2013	40	1 708,16
13.09.2013	42	577,76
13.09.2013	44	1 215,18
13.09.2013	46	7 567,40
13.09.2013	48	1 287,40
13.09.2013	50	1 896,56
13.09.2013	52	86 036,00
13.09.2013	54	1 827,48
13.09.2013	56	211,01
13.09.2013	58	687,66
13.09.2013	60	467,86
13.09.2013	62	439,60
13.09.2013	64	753,60
13.09.2013	66	1 259,14
13.09.2013	68	270,04
09.10.2013	6	81,33
09.10.2013	8	638,99
09.10.2013	10	9 231,60
09.10.2013	12	795,99
09.10.2013	14	667,25
09.10.2013	16	675,10
09.10.2013	18	5 400,80
09.10.2013	20	2 433,50
09.10.2013	22	47 885,00
09.10.2013	24	1 821,20
09.10.2013	26	505,54
09.10.2013	28	1 695,60
09.10.2013	30	1 450,68
09.10.2013	32	733,19
09.10.2013	34	1 050,33
09.10.2013	36	2 496,30
09.10.2013	38	376,80
09.10.2013	40	35,95
09.10.2013	42	2 166,60
09.10.2013	44	186,83
09.10.2013	46	357,96

09.10.2013	2	25,75
09.10.2013	4	67,04
09.10.2013	6	65,94
09.10.2013	8	22,77
09.10.2013	10	55,26
09.10.2013	12	73,32
09.10.2013	14	85,88
09.10.2013	16	200,96
09.10.2013	18	141,61
09.10.2013	20	149,15
09.10.2013	22	471,00
09.10.2013	24	825,82
09.10.2013	26	836,81
09.10.2013	28	383,08
09.10.2013	30	293,59
09.10.2013	32	7 347,60
09.10.2013	34	95,14
09.10.2013	36	246,49
09.10.2013	38	224,51
09.10.2013	40	113,35
09.10.2013	42	4 490,20
09.10.2013	44	541,65
09.10.2013	46	13 329,30
09.10.2013	48	942,00
09.10.2013	50	70,34
15.07.2014	0	58,09
15.07.2014	2	43,96
15.07.2014	4	16,01
15.07.2014	6	15,70
15.07.2014	8	31,40
15.07.2014	10	44,75
15.07.2014	12	48,67
15.07.2014	14	41,61
15.07.2014	16	47,10
15.07.2014	18	161,71
15.07.2014	20	54,95
15.07.2014	22	43,96
15.07.2014	24	502,40
15.07.2014	26	128,74
15.07.2014	28	115,40
15.07.2014	30	128,74
15.07.2014	32	84,78
15.07.2014	34	71,28
15.07.2014	36	196,25
15.07.2014	38	334,41

09.10.2013	32	789,71
09.10.2013	34	1 077,02
09.10.2013	36	7 551,70
09.10.2013	38	2 464,90
09.10.2013	40	284,17
09.10.2013	42	390,93
09.10.2013	44	295,16
09.10.2013	46	1 270,13
09.10.2013	48	854,08
09.10.2013	50	129,53
09.10.2013	52	1 464,81
09.10.2013	54	372,09
09.10.2013	56	734,76
09.10.2013	58	3 391,20
09.10.2013	60	2 386,40
09.10.2013	62	427,04
15.07.2014	0	858,79
15.07.2014	2	1 727,00
15.07.2014	4	4 710,00
15.07.2014	6	5 652,00
15.07.2014	8	14 130,00
15.07.2014	10	390,93
15.07.2014	12	248,06
15.07.2014	14	157,00
15.07.2014	16	361,10
15.07.2014	18	271,61
15.07.2014	20	185,26
15.07.2014	22	938,86
15.07.2014	24	7 818,60
15.07.2014	26	153,86
15.07.2014	28	65,94
15.07.2014	30	224,51
15.07.2014	32	175,84
15.07.2014	34	124,03
15.07.2014	36	2 056,70
15.07.2014	38	73,48
15.07.2014	40	80,07
15.07.2014	42	2 449,20
15.07.2014	44	514,96
15.07.2014	46	51,81
15.07.2014	48	47,10
15.07.2014	50	120,89
15.07.2014	52	32,97
15.07.2014	54	15,70
15.07.2014	56	46,79

09.10.2013	48	2 276,50
09.10.2013	50	8 666,40
09.10.2013	52	1 836,90
09.10.2013	54	131,57
09.10.2013	56	1 029,92
09.10.2013	58	345,40
09.10.2013	60	31 871,00
09.10.2013	62	3 030,10
09.10.2013	64	12 622,80
09.10.2013	66	4 851,30
15.07.2014	8	318,71
15.07.2014	10	166,42
15.07.2014	12	86,35
15.07.2014	14	240,21
15.07.2014	16	75,36
15.07.2014	18	177,41
15.07.2014	20	370,52
15.07.2014	22	160,14
15.07.2014	24	102,05
15.07.2014	26	689,23
15.07.2014	28	189,97
15.07.2014	30	139,73
15.07.2014	32	16,49
15.07.2014	34	365,81
15.07.2014	36	135,02
15.07.2014	38	216,66
15.07.2014	40	211,95
15.07.2014	42	18,84
15.07.2014	44	42,39
15.07.2014	46	219,80
15.07.2014	48	157,00
15.07.2014	50	304,58
15.07.2014	52	259,05
15.07.2014	54	254,34
15.07.2014	56	164,85
15.07.2014	58	73,79
15.07.2014	60	70,65
15.07.2014	62	169,56
15.07.2014	64	368,95
15.07.2014	66	189,97
15.07.2014	68	687,66
15.09.2014	6	628,00
15.09.2014	8	29 516,00
15.09.2014	10	329,70
15.09.2014	12	141,30

15.07.2014	40	150,72
15.07.2014	42	73,48
15.07.2014	44	23,55
15.07.2014	46	120,11
15.07.2014	48	146,01
15.07.2014	50	45,53
15.09.2014	0	7 190,60
15.09.2014	2	3 265,60
15.09.2014	4	361,10
15.09.2014	6	62,80
15.09.2014	8	19,94
15.09.2014	10	208,81
15.09.2014	12	1 915,40
15.09.2014	14	367,38
15.09.2014	16	4 819,90
15.09.2014	18	1 664,20
15.09.2014	20	6 421,30
15.09.2014	22	2 245,10
15.09.2014	24	4 851,30
15.09.2014	26	879,20
15.09.2014	28	7 865,70
15.09.2014	30	2 543,40
15.09.2014	32	486,70
15.09.2014	34	125,60
15.09.2014	36	282,60
15.09.2014	38	753,60
15.09.2014	40	502,40
15.09.2014	42	90,12
15.09.2014	44	146,17
15.09.2014	46	518,10
15.09.2014	48	675,10
15.09.2014	50	160,14
23.12.2014	0	270,04
23.12.2014	2	52,12
23.12.2014	4	16,49
23.12.2014	6	16,64
23.12.2014	8	29,83
23.12.2014	10	160,14
23.12.2014	12	27,00
23.12.2014	14	44,27
23.12.2014	16	194,68
23.12.2014	18	249,63
23.12.2014	20	163,28
23.12.2014	22	17,27
23.12.2014	24	2 496,30

15.07.2014	58	92,63
15.07.2014	60	160,14
15.07.2014	62	45,53
15.09.2014	0	76,93
15.09.2014	2	5 966,00
15.09.2014	4	266 900,00
15.09.2014	6	973,40
15.09.2014	8	8 933,30
15.09.2014	10	97,34
15.09.2014	12	178,98
15.09.2014	14	188,40
15.09.2014	16	160,14
15.09.2014	18	204,10
15.09.2014	20	14 239,90
15.09.2014	22	2 135,20
15.09.2014	24	4 851,30
15.09.2014	26	138,16
15.09.2014	28	251,20
15.09.2014	30	392,50
15.09.2014	32	329,70
15.09.2014	34	2 260,80
15.09.2014	36	34 226,00
15.09.2014	38	4 647,20
15.09.2014	40	153,86
15.09.2014	42	2 559,10
15.09.2014	44	7 959,90
15.09.2014	46	379,94
15.09.2014	48	149,15
15.09.2014	50	186,83
15.09.2014	52	913,74
15.09.2014	54	634,28
15.09.2014	56	508,68
15.09.2014	58	97,34
15.09.2014	60	1 006,37
15.09.2014	62	778,72
23.12.2014	0	847,80
23.12.2014	2	1 538,60
23.12.2014	4	27 318,00
23.12.2014	6	119 006,00
23.12.2014	8	33 127,00
23.12.2014	10	213,52
23.12.2014	12	582,47
23.12.2014	14	723,77
23.12.2014	16	2 276,50
23.12.2014	18	149,15

15.09.2014	14	408,20
15.09.2014	16	282,60
15.09.2014	18	4 458,80
15.09.2014	20	1 397,30
15.09.2014	22	507,11
15.09.2014	24	722,20
15.09.2014	26	659,40
15.09.2014	28	1 224,60
15.09.2014	30	643,70
15.09.2014	32	1 648,50
15.09.2014	34	6 876,60
15.09.2014	36	788,14
15.09.2014	38	335,98
15.09.2014	40	1 915,40
15.09.2014	42	390,93
15.09.2014	44	149,15
15.09.2014	46	1 758,40
15.09.2014	48	640,56
15.09.2014	50	4 553,00
15.09.2014	52	137 846,00
15.09.2014	54	20 253,00
15.09.2014	56	690,80
15.09.2014	58	251,20
15.09.2014	60	847,80
15.09.2014	62	4 882,70
15.09.2014	64	12 952,50
15.09.2014	66	5 024,00
15.09.2014	68	18 526,00
23.12.2014	0	107,07
23.12.2014	2	90,75
23.12.2014	4	73,16
23.12.2014	6	207,24
23.12.2014	8	282,60
23.12.2014	10	189,97
23.12.2014	12	257,48
23.12.2014	14	39 878,00
23.12.2014	16	216,66
23.12.2014	18	332,84
23.12.2014	20	222,94
23.12.2014	22	788,14
23.12.2014	24	1 083,30
23.12.2014	26	692,37
23.12.2014	28	400,35
23.12.2014	30	1 243,44
23.12.2014	32	945,14

23.12.2014	26	182,12
23.12.2014	28	590,32
23.12.2014	30	161,71
23.12.2014	32	87,92
23.12.2014	34	130,31
23.12.2014	36	381,51
23.12.2014	38	226,08
23.12.2014	40	232,36
23.12.2014	42	153,86
23.12.2014	44	124,03
23.12.2014	46	232,36
23.12.2014	48	221,37
23.12.2014	50	59,66
07.08.2015	0	116,18
07.08.2015	2	38,47
07.08.2015	4	16,01
07.08.2015	6	361,10
07.08.2015	8	86,19
07.08.2015	10	48,67
07.08.2015	12	36,11
07.08.2015	14	16,80
07.08.2015	16	89,96
07.08.2015	18	36,11
07.08.2015	20	16,01
07.08.2015	22	25,12
07.08.2015	24	747,32
07.08.2015	26	67,51
07.08.2015	28	102,05
07.08.2015	30	97,81
07.08.2015	32	167,99
07.08.2015	34	189,97
07.08.2015	36	287,31
07.08.2015	38	367,38
07.08.2015	40	182,12
07.08.2015	42	4 851,30
07.08.2015	44	2 370,70
07.08.2015	46	351,68
07.08.2015	48	62,80
07.08.2015	50	3,14
10.11.2015	0	725,34
10.11.2015	2	182,12
10.11.2015	4	20,41
10.11.2015	6	16,01
10.11.2015	8	25,12
10.11.2015	10	65,94

23.12.2014	20	273,18
23.12.2014	22	3 014,40
23.12.2014	24	1 381,60
23.12.2014	26	345,40
23.12.2014	28	664,11
23.12.2014	30	226,08
23.12.2014	32	230,79
23.12.2014	34	952,99
23.12.2014	36	2 888,80
23.12.2014	38	1 004,80
23.12.2014	40	248,06
23.12.2014	42	87,92
23.12.2014	44	1 215,18
23.12.2014	46	78,50
23.12.2014	48	36,11
23.12.2014	50	59,66
23.12.2014	52	188,40
23.12.2014	54	97,34
23.12.2014	56	193,11
23.12.2014	58	54,95
23.12.2014	60	240,21
23.12.2014	62	65,94
07.08.2015	0	246,49
07.08.2015	2	794,42
07.08.2015	4	79 599,00
07.08.2015	6	1 617,10
07.08.2015	8	299,87
07.08.2015	10	65,94
07.08.2015	12	1 240,30
07.08.2015	14	753,60
07.08.2015	16	80,07
07.08.2015	18	131,88
07.08.2015	20	160,14
07.08.2015	22	235,50
07.08.2015	24	1 287,40
07.08.2015	26	80,86
07.08.2015	28	62,80
07.08.2015	30	122,46
07.08.2015	32	109,27
07.08.2015	34	70,65
07.08.2015	36	135,02
07.08.2015	38	332,84
07.08.2015	40	178,98
07.08.2015	42	117,75
07.08.2015	44	98,91

23.12.2014	34	1 538,60
23.12.2014	36	472,57
23.12.2014	38	700,22
23.12.2014	40	596,60
23.12.2014	42	125,60
23.12.2014	44	94,20
23.12.2014	46	188,40
23.12.2014	48	235,50
23.12.2014	50	1 899,70
23.12.2014	52	29 202,00
23.12.2014	54	1 585,70
23.12.2014	56	596,60
23.12.2014	58	125,60
23.12.2014	60	31,40
23.12.2014	62	1 758,40
23.12.2014	64	6 264,30
23.12.2014	66	865,07
23.12.2014	68	2 778,90
07.08.2015	8	353,25
07.08.2015	10	160,14
07.08.2015	12	50,24
07.08.2015	14	200,96
07.08.2015	16	36,11
07.08.2015	18	169,56
07.08.2015	20	46,32
07.08.2015	22	92,63
07.08.2015	24	29,83
07.08.2015	26	357,96
07.08.2015	28	243,35
07.08.2015	30	64,37
07.08.2015	32	455,30
07.08.2015	34	219,80
07.08.2015	36	111,47
07.08.2015	38	326,56
07.08.2015	40	116,18
07.08.2015	42	30,14
07.08.2015	44	42,39
07.08.2015	46	160,14
07.08.2015	48	67,51
07.08.2015	50	248,06
07.08.2015	52	218,23
07.08.2015	54	147,42
07.08.2015	56	94,99
07.08.2015	58	61,23
07.08.2015	60	37,68

10.11.2015	12	25,12
10.11.2015	14	81,64
10.11.2015	16	115,40
10.11.2015	18	69,08
10.11.2015	20	511,82
10.11.2015	22	361,10
10.11.2015	24	675,10
10.11.2015	26	139,73
10.11.2015	28	646,84
10.11.2015	30	202,53
10.11.2015	32	130,31
10.11.2015	34	98,91
10.11.2015	36	254,34
10.11.2015	38	208,81
10.11.2015	40	337,55
10.11.2015	42	281,03
10.11.2015	44	1 106,85
10.11.2015	46	1 502,49
10.11.2015	48	266,90
10.11.2015	50	39,25
18.01.2016	0	345,40
18.01.2016	2	141,30
18.01.2016	4	39,25
18.01.2016	6	16,01
18.01.2016	8	135,02
18.01.2016	10	230,79
18.01.2016	12	781,86
18.01.2016	14	75,36
18.01.2016	16	3 611,00
18.01.2016	18	973,40
18.01.2016	20	9 529,90
18.01.2016	22	1 102,14
18.01.2016	24	6 782,40
18.01.2016	26	15 072,00
18.01.2016	28	14 020,10
18.01.2016	30	27 789,00
18.01.2016	32	533,80
18.01.2016	34	188,40
18.01.2016	36	1 507,20
18.01.2016	38	612,30
18.01.2016	40	549,50
18.01.2016	42	3 862,20
18.01.2016	44	706,50
18.01.2016	46	5 997,40
18.01.2016	48	439,60

07.08.2015	46	163,28
07.08.2015	48	48,67
07.08.2015	50	68,14
07.08.2015	52	44,12
07.08.2015	54	17,27
07.08.2015	56	18,84
07.08.2015	58	117,75
07.08.2015	60	52,12
07.08.2015	62	72,53
10.11.2015	0	298,30
10.11.2015	2	2 951,60
10.11.2015	4	62 172,00
10.11.2015	6	9 341,50
10.11.2015	8	8 901,90
10.11.2015	10	1 469,52
10.11.2015	12	118,69
10.11.2015	14	160,14
10.11.2015	16	227,65
10.11.2015	18	204,10
10.11.2015	20	141,30
10.11.2015	22	204,10
10.11.2015	24	17 898,00
10.11.2015	26	8 148,30
10.11.2015	28	376,80
10.11.2015	30	1 491,50
10.11.2015	32	227,65
10.11.2015	34	172,70
10.11.2015	36	3 438,30
10.11.2015	38	114,61
10.11.2015	40	340,69
10.11.2015	42	2 464,90
10.11.2015	44	147,27
10.11.2015	46	124,82
10.11.2015	48	205,67
10.11.2015	50	92,63
10.11.2015	52	16,01
10.11.2015	54	64,37
10.11.2015	56	147,58
10.11.2015	58	98,91
10.11.2015	60	124,03
10.11.2015	62	921,59
18.01.2016	0	94,20
18.01.2016	2	2 103,80
18.01.2016	4	46 001,00
18.01.2016	6	2 590,50

07.08.2015	62	106,76
07.08.2015	64	25,12
07.08.2015	66	160,14
07.08.2015	68	304,58
10.11.2015	8	213,52
10.11.2015	10	257,48
10.11.2015	12	97,34
10.11.2015	14	320,28
10.11.2015	16	122,46
10.11.2015	18	494,55
10.11.2015	20	478,85
10.11.2015	22	257,48
10.11.2015	24	464,72
10.11.2015	26	1 256,00
10.11.2015	28	671,96
10.11.2015	30	188,40
10.11.2015	32	97,34
10.11.2015	34	445,88
10.11.2015	36	623,29
10.11.2015	38	475,71
10.11.2015	40	318,71
10.11.2015	42	98,91
10.11.2015	44	109,90
10.11.2015	46	298,30
10.11.2015	48	251,20
10.11.2015	50	471,00
10.11.2015	52	3 815,10
10.11.2015	54	439,60
10.11.2015	56	345,40
10.11.2015	58	502,40
10.11.2015	60	125,60
10.11.2015	62	612,30
10.11.2015	64	518,10
10.11.2015	66	737,90
10.11.2015	68	455,30
18.01.2016	8	227,65
18.01.2016	10	1 397,30
18.01.2016	12	196,25
18.01.2016	14	188,40
18.01.2016	16	282,60
18.01.2016	18	612,30
18.01.2016	20	160,14
18.01.2016	22	690,80
18.01.2016	24	11 131,30
18.01.2016	26	2 056,70

18.01.2016	50	2 669,00
17.03.2016	0	1 695,60
17.03.2016	2	1 491,50
17.03.2016	4	47,89
17.03.2016	6	122,93
17.03.2016	8	64,21
17.03.2016	10	61,54
17.03.2016	12	1 497,78
17.03.2016	14	747,32
17.03.2016	16	81,33
17.03.2016	18	12 983,90
17.03.2016	20	14 098,60
17.03.2016	22	70 964,00
17.03.2016	24	76 459,00
17.03.2016	26	178 980,00
17.03.2016	28	125 286,00
17.03.2016	30	974 970,00
17.03.2016	32	63 114,00
17.03.2016	34	10 110,80
17.03.2016	36	89,65
17.03.2016	38	28,26
17.03.2016	40	1 993,90
17.03.2016	42	2 370,70
17.03.2016	44	13 219,40
17.03.2016	46	5 589,20
17.03.2016	48	1 483,65
17.03.2016	50	1 260,71
13.04.2016	0	41 448,00
13.04.2016	2	3 202,80
13.04.2016	4	6 594,00
13.04.2016	6	55,58
13.04.2016	8	86,35
13.04.2016	10	61,23
13.04.2016	12	20,41
13.04.2016	14	879,20
13.04.2016	16	51,81
13.04.2016	18	3 563,90
13.04.2016	20	13 188,00
13.04.2016	22	95 927,00
13.04.2016	24	282 600,00
13.04.2016	26	1 073,88
13.04.2016	28	2 323,60
13.04.2016	30	122 617,00
13.04.2016	32	246 490,00
13.04.2016	34	1 664,20

18.01.2016	8	5 510,70
18.01.2016	10	620,15
18.01.2016	12	455,30
18.01.2016	14	188,40
18.01.2016	16	219,80
18.01.2016	18	996,95
18.01.2016	20	675,10
18.01.2016	22	596,60
18.01.2016	24	28 731,00
18.01.2016	26	314,00
18.01.2016	28	2 041,00
18.01.2016	30	3 454,00
18.01.2016	32	125,60
18.01.2016	34	518,10
18.01.2016	36	3 925,00
18.01.2016	38	3 077,20
18.01.2016	40	326,56
18.01.2016	42	5 495,00
18.01.2016	44	1 031,49
18.01.2016	46	2 983,00
18.01.2016	48	527,52
18.01.2016	50	139,73
18.01.2016	52	32,34
18.01.2016	54	47,10
18.01.2016	56	279,46
18.01.2016	58	164,85
18.01.2016	60	26 690,00
18.01.2016	62	3 563,90
17.03.2016	0	11 131,30
17.03.2016	2	4 788,50
17.03.2016	4	284,17
17.03.2016	6	929,44
17.03.2016	8	213 520,00
17.03.2016	10	73 319,00
17.03.2016	12	156,06
17.03.2016	14	30 458,00
17.03.2016	16	24 649,00
17.03.2016	18	6 609,70
17.03.2016	20	3 171,40
17.03.2016	22	364,24
17.03.2016	24	348,54
17.03.2016	26	293,59
17.03.2016	28	204,10
17.03.2016	30	514,96
17.03.2016	32	51,18

18.01.2016	28	3 925,00
18.01.2016	30	2 653,30
18.01.2016	32	1 774,10
18.01.2016	34	30 772,00
18.01.2016	36	606,02
18.01.2016	38	486,70
18.01.2016	40	907,46
18.01.2016	42	596,60
18.01.2016	44	160,14
18.01.2016	46	282,60
18.01.2016	48	298,30
18.01.2016	50	4 301,80
18.01.2016	52	15 229,00
18.01.2016	54	202,53
18.01.2016	56	7 912,80
18.01.2016	58	314,00
18.01.2016	60	16,49
18.01.2016	62	94,20
18.01.2016	64	5 730,50
18.01.2016	66	6 280,00
18.01.2016	68	795,99
17.03.2016	8	310,86
17.03.2016	10	890,19
17.03.2016	12	17,58
17.03.2016	14	1 347,06
17.03.2016	16	1 122,55
17.03.2016	18	1 805,50
17.03.2016	20	1 314,09
17.03.2016	22	21 195,00
17.03.2016	24	27 789,00
17.03.2016	26	10 550,40
17.03.2016	28	41,13
17.03.2016	30	2 496,30
17.03.2016	32	37,99
17.03.2016	34	32,34
17.03.2016	36	257,48
17.03.2016	38	68,77
17.03.2016	40	1 348,63
17.03.2016	42	425,47
17.03.2016	44	149,31
17.03.2016	46	728,48
17.03.2016	48	514,96
17.03.2016	50	5 809,00
17.03.2016	52	2 543,40
17.03.2016	54	1 899,70

13.04.2016	36	45,37
13.04.2016	38	89,96
13.04.2016	40	16,49
13.04.2016	42	23 079,00
13.04.2016	44	20,72
13.04.2016	46	20 096,00
13.04.2016	48	24,65
13.04.2016	50	54,01
17.11.2016	0	1 403,58
17.11.2016	2	27,32
17.11.2016	4	47,10
17.11.2016	6	46,79
17.11.2016	8	19,47
17.11.2016	10	34,85
17.11.2016	12	11 304,00
17.11.2016	14	942,00
17.11.2016	16	244,92
17.11.2016	18	499,26
17.11.2016	20	7 787,20
17.11.2016	22	5 966,00
17.11.2016	24	6 138,70
17.11.2016	26	2 527,70
17.11.2016	28	3 344,10
17.11.2016	30	700,22
17.11.2016	32	43,02
17.11.2016	34	102,68
17.11.2016	36	19,00
17.11.2016	38	21,35
17.11.2016	40	4 144,80
17.11.2016	42	2 433,50
17.11.2016	44	1 224,60
17.11.2016	46	282,60
17.11.2016	48	3 312,70
17.11.2016	50	565,20
05.06.2017	0	106,45
05.06.2017	2	279,46
05.06.2017	4	26,22
05.06.2017	6	68,61
05.06.2017	8	37,37
05.06.2017	10	315,57
05.06.2017	12	1 695,60
05.06.2017	14	111,47
05.06.2017	16	106,76
05.06.2017	18	29,83
05.06.2017	20	69,08

17.03.2016	34	34,54
17.03.2016	36	20,10
17.03.2016	38	1 182,21
17.03.2016	40	2 370,70
17.03.2016	42	621,72
17.03.2016	44	142,71
17.03.2016	46	1 263,85
17.03.2016	48	1 314,09
17.03.2016	50	485,13
17.03.2016	52	1 425,56
17.03.2016	54	1 186,92
17.03.2016	56	3 359,80
17.03.2016	58	1 420,85
17.03.2016	60	2 841,70
17.03.2016	62	1 417,71
13.04.2016	0	55 107,00
13.04.2016	2	153 860,00
13.04.2016	4	218 230,00
13.04.2016	6	26 219,00
13.04.2016	8	14 758,00
13.04.2016	10	4 003,50
13.04.2016	12	872,92
13.04.2016	14	3 783,70
13.04.2016	16	4 427,40
13.04.2016	18	857,22
13.04.2016	20	17 270,00
13.04.2016	22	3 061,50
13.04.2016	24	16 014,00
13.04.2016	26	4 082,00
13.04.2016	28	2 716,10
13.04.2016	30	90,12
13.04.2016	32	115,24
13.04.2016	34	25 591,00
13.04.2016	36	4 537,30
13.04.2016	38	37 366,00
13.04.2016	40	20 253,00
13.04.2016	42	46 158,00
13.04.2016	44	3 391,20
13.04.2016	46	4 710,00
13.04.2016	48	2 229,40
13.04.2016	50	753,60
13.04.2016	52	1 695,60
13.04.2016	54	1 003,23
13.04.2016	56	409,77
13.04.2016	58	153,86

17.03.2016	56	535,37
17.03.2016	58	361,10
17.03.2016	60	577,76
17.03.2016	62	257,48
17.03.2016	64	1 570,00
17.03.2016	66	1 727,00
17.03.2016	68	246,49
13.04.2016	8	136,59
13.04.2016	10	23,55
13.04.2016	12	28,73
13.04.2016	14	37,68
13.04.2016	16	5 181,00
13.04.2016	18	3 014,40
13.04.2016	20	21 509,00
13.04.2016	22	6 766,70
13.04.2016	24	52 124,00
13.04.2016	26	7 991,30
13.04.2016	28	13 250,80
13.04.2016	30	20 567,00
13.04.2016	32	4 160,50
13.04.2016	34	3 344,10
13.04.2016	36	2 763,20
13.04.2016	38	2 512,00
13.04.2016	40	7 567,40
13.04.2016	42	298,30
13.04.2016	44	47,41
13.04.2016	46	65,16
13.04.2016	48	54,32
13.04.2016	50	6 656,80
13.04.2016	52	129,68
13.04.2016	54	3 720,90
13.04.2016	56	491,41
13.04.2016	58	507,11
13.04.2016	60	461,58
13.04.2016	62	251,20
13.04.2016	64	2 166,60
13.04.2016	66	527,52
13.04.2016	68	4 678,60
17.11.2016	8	37,68
17.11.2016	10	2 323,60
17.11.2016	12	64,37
17.11.2016	14	32,03
17.11.2016	16	502,40
17.11.2016	18	1 507,20
17.11.2016	20	18 997,00

05.06.2017	22	130,31
05.06.2017	24	715,92
05.06.2017	26	684,52
05.06.2017	28	2 025,30
05.06.2017	30	642,13
05.06.2017	32	91,06
05.06.2017	34	92,63
05.06.2017	36	175,84
05.06.2017	38	226,08
05.06.2017	40	59,66
05.06.2017	42	604,45
05.06.2017	44	135,02
05.06.2017	46	95,77
05.06.2017	48	122,46
05.06.2017	50	47,10
29.12.2017	0	276,32
29.12.2017	2	527,52
29.12.2017	4	17,11
29.12.2017	6	17,27
29.12.2017	8	30,46
29.12.2017	10	166,42
29.12.2017	12	27,63
29.12.2017	14	44,90
29.12.2017	16	200,96
29.12.2017	18	255,91
29.12.2017	20	169,56
29.12.2017	22	17,90
29.12.2017	24	2 559,10
29.12.2017	26	1 884,00
29.12.2017	28	596,60
29.12.2017	30	167,99
29.12.2017	32	88,55
29.12.2017	34	130,94
29.12.2017	36	387,79
29.12.2017	38	232,36
29.12.2017	40	238,64
29.12.2017	42	154,49
29.12.2017	44	1 246,58
29.12.2017	46	238,64
29.12.2017	48	227,65
29.12.2017	50	602,88
10.01.2018	0	1 281,12
10.01.2018	2	549,50
10.01.2018	4	304,58
10.01.2018	6	737,90

13.04.2016	60	557,35
13.04.2016	62	2 637,60
17.11.2016	0	569,91
17.11.2016	2	12 968,20
17.11.2016	4	431,75
17.11.2016	6	18 055,00
17.11.2016	8	4 647,20
17.11.2016	10	3 673,80
17.11.2016	12	891,76
17.11.2016	14	29,83
17.11.2016	16	339,12
17.11.2016	18	20 724,00
17.11.2016	20	1 601,40
17.11.2016	22	2 213,70
17.11.2016	24	132 822,00
17.11.2016	26	365,81
17.11.2016	28	471,00
17.11.2016	30	401,92
17.11.2016	32	89,49
17.11.2016	34	464,72
17.11.2016	36	157,00
17.11.2016	38	376,80
17.11.2016	40	518,10
17.11.2016	42	621,72
17.11.2016	44	48,20
17.11.2016	46	150,09
17.11.2016	48	2 637,60
17.11.2016	50	785,00
17.11.2016	52	70,65
17.11.2016	54	2 873,10
17.11.2016	56	996,95
17.11.2016	58	62,80
17.11.2016	60	2 904,50
17.11.2016	62	1 381,60
05.06.2017	0	2 983,00
05.06.2017	2	8 792,00
05.06.2017	4	79 913,00
05.06.2017	6	24 178,00
05.06.2017	8	271 610,00
05.06.2017	10	37 209,00
05.06.2017	12	628,00
05.06.2017	14	315,57
05.06.2017	16	1 899,70
05.06.2017	18	4 647,20
05.06.2017	20	7 661,60

17.11.2016	22	11 806,40
17.11.2016	24	12 905,40
17.11.2016	26	2 920,20
17.11.2016	28	23,71
17.11.2016	30	3 768,00
17.11.2016	32	538,51
17.11.2016	34	909,03
17.11.2016	36	1 337,64
17.11.2016	38	785,00
17.11.2016	40	8 383,80
17.11.2016	42	2 119,50
17.11.2016	44	210,38
17.11.2016	46	1 271,70
17.11.2016	48	637,42
17.11.2016	50	8 792,00
17.11.2016	52	38 151,00
17.11.2016	54	1 124,12
17.11.2016	56	785,00
17.11.2016	58	31,40
17.11.2016	60	251,20
17.11.2016	62	901,18
17.11.2016	64	251,20
17.11.2016	66	5 212,40
17.11.2016	68	5 228,10
05.06.2017	8	114,61
05.06.2017	10	23,55
05.06.2017	12	27,95
05.06.2017	14	107,55
05.06.2017	16	31,40
05.06.2017	18	659,40
05.06.2017	20	62,80
05.06.2017	22	1 036,20
05.06.2017	24	314,00
05.06.2017	26	628,00
05.06.2017	28	5 432,20
05.06.2017	30	1 067,60
05.06.2017	32	596,60
05.06.2017	34	25 591,00
05.06.2017	36	1 224,60
05.06.2017	38	10 958,60
05.06.2017	40	2 402,10
05.06.2017	42	558,92
05.06.2017	44	42,39
05.06.2017	46	2 716,10
05.06.2017	48	1 397,30

10.01.2018	8	8 917,60
10.01.2018	10	263,76
10.01.2018	12	59,35
10.01.2018	14	33,91
10.01.2018	16	48,67
10.01.2018	18	81,33
10.01.2018	20	87,45
10.01.2018	22	43,49
10.01.2018	24	64,37
10.01.2018	26	60,29
10.01.2018	28	1 915,40
10.01.2018	30	210,38
10.01.2018	32	257,48
10.01.2018	34	524,38
10.01.2018	36	433,32
10.01.2018	38	274,75
10.01.2018	40	430,18
10.01.2018	42	982,82
10.01.2018	44	329,70
10.01.2018	46	2 041,00
10.01.2018	48	180,55
10.01.2018	50	987,53
14.02.2018	0	106,45
14.02.2018	2	279,46
14.02.2018	4	26,22
14.02.2018	6	68,61
14.02.2018	8	37,37
14.02.2018	10	315,57
14.02.2018	12	1 695,60
14.02.2018	14	111,47
14.02.2018	16	106,76
14.02.2018	18	29,83
14.02.2018	20	69,08
14.02.2018	22	130,31
14.02.2018	24	715,92
14.02.2018	26	684,52
14.02.2018	28	2 025,30
14.02.2018	30	642,13
14.02.2018	32	91,06
14.02.2018	34	92,63
14.02.2018	36	175,84
14.02.2018	38	226,08
14.02.2018	40	59,66
14.02.2018	42	604,45
14.02.2018	44	135,02

05.06.2017	22	30 772,00
05.06.2017	24	70 807,00
05.06.2017	26	2 323,60
05.06.2017	28	91,06
05.06.2017	30	310,86
05.06.2017	32	1 095,86
05.06.2017	34	150,72
05.06.2017	36	340,69
05.06.2017	38	802,27
05.06.2017	40	715,92
05.06.2017	42	65 312,00
05.06.2017	44	24 806,00
05.06.2017	46	626,43
05.06.2017	48	94,20
05.06.2017	50	21,98
05.06.2017	52	372,09
05.06.2017	54	778,72
05.06.2017	56	938,86
05.06.2017	58	16,01
05.06.2017	60	18,84
05.06.2017	62	160,14
29.12.2017	0	854,08
29.12.2017	2	1 544,88
29.12.2017	4	27 946,00
29.12.2017	6	119 634,00
29.12.2017	8	3 375,50
29.12.2017	10	2 198,00
29.12.2017	12	588,75
29.12.2017	14	730,05
29.12.2017	16	2 339,30
29.12.2017	18	1 497,78
29.12.2017	20	279,46
29.12.2017	22	3 077,20
29.12.2017	24	1 387,88
29.12.2017	26	351,68
29.12.2017	28	670,39
29.12.2017	30	232,36
29.12.2017	32	237,07
29.12.2017	34	959,27
29.12.2017	36	2 951,60
29.12.2017	38	1 011,08
29.12.2017	40	254,34
29.12.2017	42	885,48
29.12.2017	44	1 221,46
29.12.2017	46	79,13

05.06.2017	50	28 260,00
05.06.2017	52	14 742,30
05.06.2017	54	1 601,40
05.06.2017	56	5 966,00
05.06.2017	58	690,80
05.06.2017	60	533,80
05.06.2017	62	1 193,20
05.06.2017	64	4 082,00
05.06.2017	66	12 654,20
05.06.2017	68	3 108,60
29.12.2017	0	107,70
29.12.2017	2	91,37
29.12.2017	4	737,90
29.12.2017	6	213,52
29.12.2017	8	288,88
29.12.2017	10	196,25
29.12.2017	12	263,76
29.12.2017	14	40 506,00
29.12.2017	16	222,94
29.12.2017	18	339,12
29.12.2017	20	229,22
29.12.2017	22	794,42
29.12.2017	24	1 089,58
29.12.2017	26	698,65
29.12.2017	28	406,63
29.12.2017	30	1 249,72
29.12.2017	32	951,42
29.12.2017	34	1 544,88
29.12.2017	36	47,89
29.12.2017	38	706,50
29.12.2017	40	602,88
29.12.2017	42	126,23
29.12.2017	44	94,83
29.12.2017	46	194,68
29.12.2017	48	241,78
29.12.2017	50	1 962,50
29.12.2017	52	29 830,00
29.12.2017	54	1 648,50
29.12.2017	56	602,88
29.12.2017	58	126,23
29.12.2017	60	32,03
29.12.2017	62	1 821,20
29.12.2017	64	6 327,10
29.12.2017	66	871,35
29.12.2017	68	2 841,70

14.02.2018	46	95,77
14.02.2018	48	122,46
14.02.2018	50	47,10
07.02.2019	0	67,04
07.02.2019	2	1 197,91
07.02.2019	4	390,93
07.02.2019	6	241,78
07.02.2019	8	21,67
07.02.2019	10	78,81
07.02.2019	12	18,21
07.02.2019	14	3 532,50
07.02.2019	16	1 742,70
07.02.2019	18	670,39
07.02.2019	20	7 363,30
07.02.2019	22	544,79
07.02.2019	24	3 516,80
07.02.2019	26	524,38
07.02.2019	28	254,34
07.02.2019	30	309,29
07.02.2019	32	182,12
07.02.2019	34	77,72
07.02.2019	36	224,51
07.02.2019	38	987,53
07.02.2019	40	405,06
07.02.2019	42	843,09
07.02.2019	44	172,70
07.02.2019	46	226,08
07.02.2019	48	562,06
07.02.2019	50	227,65
02.04.2019	0	22,14
02.04.2019	2	29,20
02.04.2019	4	82,43
02.04.2019	6	472,57
02.04.2019	8	50,55
02.04.2019	10	24,49
02.04.2019	12	69,24
02.04.2019	14	83,68
02.04.2019	16	30,46
02.04.2019	18	110,84
02.04.2019	20	62,49
02.04.2019	22	60,29
02.04.2019	24	1 031,49
02.04.2019	26	112,88
02.04.2019	28	5 573,50
02.04.2019	30	1 931,10

29.12.2017	48	36,74
29.12.2017	50	60,29
29.12.2017	52	194,68
29.12.2017	54	97,97
29.12.2017	56	199,39
29.12.2017	58	55,58
29.12.2017	60	246,49
29.12.2017	62	66,57
10.01.2018	0	1 045,62
10.01.2018	2	540,08
10.01.2018	4	522,81
10.01.2018	6	1 070,74
10.01.2018	8	1 648,50
10.01.2018	10	2 512,00
10.01.2018	12	169,56
10.01.2018	14	257,48
10.01.2018	16	2 543,40
10.01.2018	18	3 454,00
10.01.2018	20	2 072,40
10.01.2018	22	624,86
10.01.2018	24	365,81
10.01.2018	26	1 270,13
10.01.2018	28	320,28
10.01.2018	30	4 537,30
10.01.2018	32	288,88
10.01.2018	34	257,48
10.01.2018	36	251,20
10.01.2018	38	8 807,70
10.01.2018	40	2 135,20
10.01.2018	42	265,33
10.01.2018	44	383,08
10.01.2018	46	178,98
10.01.2018	48	3 736,60
10.01.2018	50	500,83
10.01.2018	52	546,36
10.01.2018	54	22 922,00
10.01.2018	56	555,78
10.01.2018	58	533,80
10.01.2018	60	20 253,00
10.01.2018	62	976,54
14.02.2018	0	2 983,00
14.02.2018	2	8 792,00
14.02.2018	4	79 913,00
14.02.2018	6	24 178,00
14.02.2018	8	271 610,00

10.01.2018	10	455,30
10.01.2018	12	533,80
10.01.2018	14	335,98
10.01.2018	16	492,98
10.01.2018	18	248,06
10.01.2018	20	574,62
10.01.2018	22	6 594,00
10.01.2018	24	492,98
10.01.2018	26	2 574,80
10.01.2018	28	2 935,90
10.01.2018	30	1 585,70
10.01.2018	32	3 202,80
10.01.2018	34	1 805,50
10.01.2018	36	9 985,20
10.01.2018	38	20 410,00
10.01.2018	40	7 755,80
10.01.2018	42	3 297,00
10.01.2018	44	208,81
10.01.2018	46	499,26
10.01.2018	48	535,37
10.01.2018	50	511,82
10.01.2018	52	384,65
10.01.2018	54	2 559,10
10.01.2018	56	232,36
10.01.2018	58	1 601,40
10.01.2018	60	4 804,20
10.01.2018	62	1 083,30
10.01.2018	64	613,87
10.01.2018	66	530,66
10.01.2018	68	38 779,00
14.02.2018	8	213,52
14.02.2018	10	257,48
14.02.2018	12	97,34
14.02.2018	14	320,28
14.02.2018	16	122,46
14.02.2018	18	494,55
14.02.2018	20	478,85
14.02.2018	22	259,05
14.02.2018	24	464,72
14.02.2018	26	1 256,00
14.02.2018	28	671,96
14.02.2018	30	188,40
14.02.2018	32	97,34
14.02.2018	34	445,88
14.02.2018	36	623,29

02.04.2019	32	233,93
02.04.2019	34	207,24
02.04.2019	36	193,11
02.04.2019	38	949,85
02.04.2019	40	1 284,26
02.04.2019	42	430,18
02.04.2019	44	3 422,60
02.04.2019	46	46 001,00
02.04.2019	48	623,29
02.04.2019	50	81,01
27.05.2019	0	102,21
27.05.2019	2	108,02
27.05.2019	4	41,13
27.05.2019	6	27,63
27.05.2019	8	28,57
27.05.2019	10	85,57
27.05.2019	12	21,51
27.05.2019	14	24,96
27.05.2019	16	90,59
27.05.2019	18	21,04
27.05.2019	20	4 490,20
27.05.2019	22	54,17
27.05.2019	24	1 020,50
27.05.2019	26	259,05
27.05.2019	28	521,24
27.05.2019	30	44,12
27.05.2019	32	662,54
27.05.2019	34	100,01
27.05.2019	36	279,46
27.05.2019	38	632,71
27.05.2019	40	400,35
27.05.2019	42	1 397,30
27.05.2019	44	277,89
27.05.2019	46	186,83
27.05.2019	48	96,56
27.05.2019	50	238,64
10.06.2019	0	60,76
10.06.2019	2	51,18
10.06.2019	4	163,28
10.06.2019	6	185,26
10.06.2019	8	38,94
10.06.2019	10	34,07
10.06.2019	12	44,27
10.06.2019	14	115,87
10.06.2019	16	1 147,67

14.02.2018	10	37 209,00
14.02.2018	12	628,00
14.02.2018	14	315,57
14.02.2018	16	1 899,70
14.02.2018	18	4 647,20
14.02.2018	20	7 661,60
14.02.2018	22	30 772,00
14.02.2018	24	70 807,00
14.02.2018	26	2 323,60
14.02.2018	28	76,93
14.02.2018	30	1 095,86
14.02.2018	32	150,72
14.02.2018	34	340,69
14.02.2018	36	802,27
14.02.2018	38	715,92
14.02.2018	40	65 312,00
14.02.2018	42	24 806,00
14.02.2018	44	626,43
14.02.2018	46	94,20
14.02.2018	48	21,98
14.02.2018	50	372,09
14.02.2018	52	778,72
14.02.2018	54	938,86
14.02.2018	56	631,14
14.02.2018	58	188,40
14.02.2018	60	160,14
07.02.2019	0	444,31
07.02.2019	2	3 234,20
07.02.2019	4	35 953,00
07.02.2019	6	417 620,00
07.02.2019	8	19 468,00
07.02.2019	10	226,08
07.02.2019	12	431,75
07.02.2019	14	1 537,03
07.02.2019	16	1 017,36
07.02.2019	18	164,85
07.02.2019	20	10 157,90
07.02.2019	22	8 038,40
07.02.2019	24	1 836,90
07.02.2019	26	1 276,41
07.02.2019	28	474,14
07.02.2019	30	2 967,30
07.02.2019	32	1 486,79
07.02.2019	34	83,21
07.02.2019	36	1 632,80

14.02.2018	38	475,71
14.02.2018	40	318,71
14.02.2018	42	98,91
14.02.2018	44	109,90
14.02.2018	46	298,30
14.02.2018	48	251,20
14.02.2018	50	471,00
14.02.2018	52	3 815,10
14.02.2018	54	439,60
14.02.2018	56	345,40
14.02.2018	58	502,40
14.02.2018	60	125,60
14.02.2018	62	612,30
14.02.2018	64	518,10
14.02.2018	66	737,90
14.02.2018	68	455,30
07.02.2019	0	118,85
07.02.2019	2	18,84
07.02.2019	4	35,17
07.02.2019	6	35,80
07.02.2019	8	21,20
07.02.2019	10	62,49
07.02.2019	12	109,12
07.02.2019	14	219,80
07.02.2019	16	75,36
07.02.2019	18	2 433,50
07.02.2019	20	392,50
07.02.2019	22	5 212,40
07.02.2019	24	9 247,30
07.02.2019	26	8 744,90
07.02.2019	28	861,93
07.02.2019	30	2 951,60
07.02.2019	32	5 777,60
07.02.2019	34	57 148,00
07.02.2019	36	1 502,49
07.02.2019	38	2 103,80
07.02.2019	40	28 260,00
07.02.2019	42	3 454,00
07.02.2019	44	664,11
07.02.2019	46	2 496,30
07.02.2019	48	1 109,99
07.02.2019	50	1 852,60
07.02.2019	52	1 617,10
07.02.2019	54	31,71
07.02.2019	56	68,30

10.06.2019	18	748,89
10.06.2019	20	3 548,20
10.06.2019	22	188,40
10.06.2019	24	529,09
10.06.2019	26	458,44
10.06.2019	28	329,70
10.06.2019	30	775,58
10.06.2019	32	2 056,70
10.06.2019	34	27,00
10.06.2019	36	430,18
10.06.2019	38	511,82
10.06.2019	40	739,47
10.06.2019	42	431,75
10.06.2019	44	1 648,50
10.06.2019	46	1 229,31
10.06.2019	48	87,29
10.06.2019	50	41,61
02.07.2019	0	211,95
02.07.2019	2	16,49
02.07.2019	4	5,02
02.07.2019	6	502,40
02.07.2019	8	86,19
02.07.2019	10	79,76
02.07.2019	12	115,08
02.07.2019	14	47,41
02.07.2019	16	460,01
02.07.2019	18	182,12
02.07.2019	20	513,39
02.07.2019	22	230,79
02.07.2019	24	2 857,40
02.07.2019	26	111,16
02.07.2019	28	164,85
02.07.2019	30	127,96
02.07.2019	32	46,63
02.07.2019	34	172,70
02.07.2019	36	33 284,00
02.07.2019	38	695,51
02.07.2019	40	1 215,18
02.07.2019	42	872,92
02.07.2019	44	1 417,71
02.07.2019	46	1 336,07
02.07.2019	48	255,91
02.07.2019	50	120,11
29.08.2019	0	61,70
29.08.2019	2	41,45

07.02.2019	38	263 760,00
07.02.2019	40	1 993,90
07.02.2019	42	6 107,30
07.02.2019	44	288,88
07.02.2019	46	525,95
07.02.2019	48	260,62
07.02.2019	50	315,57
07.02.2019	52	695,51
07.02.2019	54	207,24
07.02.2019	56	259,05
07.02.2019	58	232,36
07.02.2019	60	974,97
07.02.2019	62	124,97
02.04.2019	0	387,79
02.04.2019	2	254,34
02.04.2019	4	64 684,00
02.04.2019	6	1 172,79
02.04.2019	8	44,75
02.04.2019	10	83,52
02.04.2019	12	303,01
02.04.2019	14	110,53
02.04.2019	16	299,87
02.04.2019	18	171,13
02.04.2019	20	72,38
02.04.2019	22	243,35
02.04.2019	24	301,44
02.04.2019	26	23 707,00
02.04.2019	28	1 056,61
02.04.2019	30	1 774,10
02.04.2019	32	357,96
02.04.2019	34	127,48
02.04.2019	36	118,06
02.04.2019	38	332,84
02.04.2019	40	390,93
02.04.2019	42	1 102,14
02.04.2019	44	230,79
02.04.2019	46	257,48
02.04.2019	48	389,36
02.04.2019	50	273,18
02.04.2019	52	252,77
02.04.2019	54	2 606,20
02.04.2019	56	354,82
02.04.2019	58	781,86
02.04.2019	60	951,42
02.04.2019	62	111,63

07.02.2019	58	287,31
07.02.2019	60	6 782,40
07.02.2019	62	2 103,80
07.02.2019	64	2 433,50
07.02.2019	66	2 025,30
07.02.2019	68	26,38
02.04.2019	2	35,64
02.04.2019	4	7,22
02.04.2019	6	16,17
02.04.2019	8	19,00
02.04.2019	10	27,16
02.04.2019	12	19,94
02.04.2019	14	114,30
02.04.2019	16	84,47
02.04.2019	18	161,71
02.04.2019	20	255,91
02.04.2019	22	956,13
02.04.2019	24	574,62
02.04.2019	26	5 149,60
02.04.2019	28	420,76
02.04.2019	30	606,02
02.04.2019	32	64,21
02.04.2019	34	332,84
02.04.2019	36	120,73
02.04.2019	38	1 821,20
02.04.2019	40	2 731,80
02.04.2019	42	987,53
02.04.2019	44	383,08
02.04.2019	46	536,94
02.04.2019	48	124,97
02.04.2019	50	489,84
02.04.2019	52	638,99
02.04.2019	54	197,82
02.04.2019	56	591,89
02.04.2019	58	100,17
02.04.2019	60	218,23
02.04.2019	62	189,97
02.04.2019	64	84,00
02.04.2019	66	587,18
02.04.2019	68	125,29
27.05.2019	0	80,07
27.05.2019	2	3,45
27.05.2019	4	14,29
27.05.2019	6	13,35
27.05.2019	8	38,78

29.08.2019	4	16,49
29.08.2019	6	121,83
29.08.2019	8	82,90
29.08.2019	10	19,00
29.08.2019	12	108,80
29.08.2019	14	75,99
29.08.2019	16	218,23
29.08.2019	18	66,73
29.08.2019	20	273,18
29.08.2019	22	318,71
29.08.2019	24	80,07
29.08.2019	26	75,67
29.08.2019	28	676,67
29.08.2019	30	100,01
29.08.2019	32	96,08
29.08.2019	34	38,31
29.08.2019	36	20,10
29.08.2019	38	1 425,56
29.08.2019	40	191,54
29.08.2019	42	2 496,30
29.08.2019	44	164,85
29.08.2019	46	12 387,30
29.08.2019	48	68,30
29.08.2019	50	163,28

27.05.2019	0	1 394,16
27.05.2019	2	728 480,00
27.05.2019	4	255 910,00
27.05.2019	6	34 226,00
27.05.2019	8	1 836,90
27.05.2019	10	54,17
27.05.2019	12	108,02
27.05.2019	14	32,50
27.05.2019	16	27,63
27.05.2019	18	104,88
27.05.2019	20	58,56
27.05.2019	22	40,19
27.05.2019	24	304,58
27.05.2019	26	167,99
27.05.2019	28	164,85
27.05.2019	30	306,15
27.05.2019	32	98,60
27.05.2019	34	56,36
27.05.2019	36	827,39
27.05.2019	38	20,10
27.05.2019	40	1 270,13
27.05.2019	42	101,89
27.05.2019	44	246,49
27.05.2019	46	194,68
27.05.2019	48	118,54
27.05.2019	50	126,23
27.05.2019	52	463,15
27.05.2019	54	194,68
27.05.2019	56	24,96
27.05.2019	58	335,98
27.05.2019	60	339,12
27.05.2019	62	224,51
10.06.2019	0	161,71
10.06.2019	2	10 267,80
10.06.2019	4	70 022,00
10.06.2019	6	712,78
10.06.2019	8	571,48
10.06.2019	10	185,26
10.06.2019	12	281,03
10.06.2019	14	13,50
10.06.2019	16	35,48
10.06.2019	18	587,18
10.06.2019	20	16,01
10.06.2019	22	49,77
10.06.2019	24	42,70

27.05.2019	10	334,41
27.05.2019	12	89,96
27.05.2019	14	387,79
27.05.2019	16	216,66
27.05.2019	18	797,56
27.05.2019	20	164,85
27.05.2019	22	326,56
27.05.2019	24	378,37
27.05.2019	26	733,19
27.05.2019	28	290,45
27.05.2019	30	131,57
27.05.2019	32	89,96
27.05.2019	34	508,68
27.05.2019	36	1 070,74
27.05.2019	38	189,97
27.05.2019	40	2 920,20
27.05.2019	42	2 747,50
27.05.2019	44	2 904,50
27.05.2019	46	558,92
27.05.2019	48	565,20
27.05.2019	50	354,82
27.05.2019	52	81 797,00
27.05.2019	54	1 403,58
27.05.2019	56	221,37
27.05.2019	58	111,00
27.05.2019	60	100,95
27.05.2019	62	381,51
27.05.2019	64	255,91
27.05.2019	66	202,53
27.05.2019	68	979,68
10.06.2019	0	50,40
10.06.2019	2	24,02
10.06.2019	4	17,90
10.06.2019	6	27,95
10.06.2019	8	47,57
10.06.2019	10	164,85
10.06.2019	12	113,04
10.06.2019	14	334,41
10.06.2019	16	89,49
10.06.2019	18	996,95
10.06.2019	20	177,41
10.06.2019	22	4 066,30
10.06.2019	24	2 182,30
10.06.2019	26	698,65
10.06.2019	28	277,89

10.06.2019	26	81,33
10.06.2019	28	1 325,08
10.06.2019	30	164,85
10.06.2019	32	100,17
10.06.2019	34	35,95
10.06.2019	36	185,26
10.06.2019	38	20,57
10.06.2019	40	19,94
10.06.2019	42	149,78
10.06.2019	44	112,88
10.06.2019	46	67,82
10.06.2019	48	142,09
10.06.2019	50	59,35
10.06.2019	52	56,52
10.06.2019	54	372,09
10.06.2019	56	227,65
10.06.2019	58	397,21
10.06.2019	60	211,95
10.06.2019	62	82,11
02.07.2019	0	584,04
02.07.2019	2	634,28
02.07.2019	4	58 404,00
02.07.2019	6	15 401,70
02.07.2019	8	789,71
02.07.2019	10	7 002,20
02.07.2019	12	189,97
02.07.2019	14	110,21
02.07.2019	16	37,84
02.07.2019	18	118,38
02.07.2019	20	116,97
02.07.2019	22	1 505,63
02.07.2019	24	1 095,86
02.07.2019	26	123,87
02.07.2019	28	386,22
02.07.2019	30	1 679,90
02.07.2019	32	365,81
02.07.2019	34	232,36
02.07.2019	36	2 103,80
02.07.2019	38	30,14
02.07.2019	40	1 789,80
02.07.2019	42	172,70
02.07.2019	44	164,85
02.07.2019	46	590,32
02.07.2019	48	136,90
02.07.2019	50	85,57

10.06.2019	30	148,84
10.06.2019	32	134,71
10.06.2019	34	1 821,20
10.06.2019	36	1 711,30
10.06.2019	38	555,78
10.06.2019	40	802,27
10.06.2019	42	17 741,00
10.06.2019	44	445,88
10.06.2019	46	397,21
10.06.2019	48	428,61
10.06.2019	50	73 319,00
10.06.2019	52	1 312,52
10.06.2019	54	503,97
10.06.2019	56	104,41
10.06.2019	58	111,00
10.06.2019	60	88,71
10.06.2019	62	213,52
10.06.2019	64	222,94
10.06.2019	66	1 003,23
10.06.2019	68	284,17
02.07.2019	0	78,97
02.07.2019	2	86,19
02.07.2019	4	99,07
02.07.2019	6	136,59
02.07.2019	8	47,73
02.07.2019	10	26,85
02.07.2019	12	123,56
02.07.2019	14	238,64
02.07.2019	16	92,32
02.07.2019	18	167,99
02.07.2019	20	45,53
02.07.2019	22	153,55
02.07.2019	24	1 742,70
02.07.2019	26	453,73
02.07.2019	28	246,49
02.07.2019	30	503,97
02.07.2019	32	183,69
02.07.2019	34	3 548,20
02.07.2019	36	208,81
02.07.2019	38	10 613,20
02.07.2019	40	16 328,00
02.07.2019	42	1 201,05
02.07.2019	44	403,49
02.07.2019	46	373,66
02.07.2019	48	692,37

02.07.2019	52	213,52
02.07.2019	54	107,86
02.07.2019	56	405,06
02.07.2019	58	172,70
02.07.2019	60	354,82
02.07.2019	62	136,12
23.08.2019	0	279,46
23.08.2019	2	3 862,20
23.08.2019	4	2 433,50
23.08.2019	6	602,88
23.08.2019	8	568,34
23.08.2019	10	161,71
23.08.2019	12	76,77
23.08.2019	14	1 516,62
23.08.2019	16	61,86
23.08.2019	18	80,23
23.08.2019	20	161,71
23.08.2019	22	284,17
23.08.2019	24	527,52
23.08.2019	26	178,98
23.08.2019	28	386,22
23.08.2019	30	1 080,16
23.08.2019	32	111,94
23.08.2019	34	57,78
23.08.2019	36	226,08
23.08.2019	38	171,13
23.08.2019	40	202,53
23.08.2019	42	9 545,60
23.08.2019	44	121,05
23.08.2019	46	16,96
23.08.2019	48	106,45
23.08.2019	50	193,11
23.08.2019	52	51,18
23.08.2019	54	63,59
23.08.2019	56	1 515,05
23.08.2019	58	357,96
23.08.2019	60	240,21
23.08.2019	62	76,77

02.07.2019	50	730,05
02.07.2019	52	318,71
02.07.2019	54	384,65
02.07.2019	56	82,58
02.07.2019	58	211,95
02.07.2019	60	890,19
02.07.2019	62	445,88
02.07.2019	64	292,02
02.07.2019	66	821,11
02.07.2019	68	769,30
29.08.2019	0	222,94
29.08.2019	2	5,50
29.08.2019	4	38,15
29.08.2019	6	64,06
29.08.2019	8	88,39
29.08.2019	10	90,12
29.08.2019	12	94,83
29.08.2019	14	83,21
29.08.2019	16	53,07
29.08.2019	18	45,22
29.08.2019	20	14 334,10
29.08.2019	22	84,31
29.08.2019	24	82,90
29.08.2019	26	182,12
29.08.2019	28	114,77
29.08.2019	30	97,65
29.08.2019	32	25,91
29.08.2019	34	98,60
29.08.2019	36	1 136,68
29.08.2019	38	271,61
29.08.2019	40	71,75
29.08.2019	42	39,56
29.08.2019	44	1 445,97
29.08.2019	46	273,18
29.08.2019	48	164,85
29.08.2019	50	229,22
29.08.2019	52	78,97
29.08.2019	54	110,53
29.08.2019	56	188,40
29.08.2019	58	29,20
29.08.2019	60	854,08
29.08.2019	62	902,75
29.08.2019	64	108,80

**Фрагмент исходного кода программы автоматизированной системы  
по прогнозу удароопасности**

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.IO;
using System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary;
using System.Windows.Forms;

namespace ElectroMetr
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        private float AN, AM, NM, K, C;
        private int currentArea = 0;

        Sample sample = new Sample(); //создаем замер

        private void Calculate()
        {
            float U, I, ro;
            for (int i = 0; i < dataGridView1.RowCount - 1; i++)
            {
                try
                {
                    U = Convert.ToSingle(dataGridView1.Rows[i].Cells[1].Value);
                    I = Convert.ToSingle(dataGridView1.Rows[i].Cells[2].Value);

                    ro = K * C * U / I;
                    dataGridView1.Rows[i].Cells[3].Value = ro;
                    dataGridView1.Rows[i].Cells[0].Value = i + 1;

                }
                catch (Exception ex)
                {
                    //dataGridView1.Rows[i].Cells[3].Value = "ОШИБКА";
                }
            }
        }
    }
}
```

```

private void CalcKoef()
{
    try
    {
        AM = float.Parse(textBox8.Text);
        AN = float.Parse(textBox9.Text);
        NM = float.Parse(textBox10.Text);
        K = (float)(3.14 * /*Math.PI */ AM * AN / NM);
        C = float.Parse(textBox12.Text);
        textBox11.Text = K.ToString();
    }
    catch (Exception)
    {
        textBox11.Text = "ОШИБКА";
    }
}

public Form1()
{
    InitializeComponent();

    //dataGridView1.Rows[0].Cells[0].Value = 1;
    label1.Text = "№ участка: " + (currentArea+1) + " из " + sample.ar-
eas.Count;
}

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    SaveData();
    if (currentArea > 0)
        currentArea--;

    Fill();
    label1.Text = "№ участка: " + (currentArea+1) + " из " + sample.ar-
eas.Count;
}

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{

```

```

SaveData();
if (currentArea < 256)
    currentArea++;

if(sample.areas.Count<=currentArea)
    sample.areas.Add(new Area());
Fill();
label1.Text = "№ участка: " + (currentArea+1) + " из " + sample.areas.Count;
}

private void dataGridView1_RowsAdded(object sender, DataGridViewRowsAddedEventArgs e)
{
    //dataGridView1.Rows[e.RowIndex].Cells[0].Value = dataGridView1.RowCount;
}

private void textBox8_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{
    CalcKoeff(); Calculate();
}

private void textBox9_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{
    CalcKoeff(); Calculate();
}

private void textBox10_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{
    CalcKoeff(); Calculate();
}

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Output();
}

private void dataGridView1_CellEndEdit(object sender, DataGridViewCellEventArgs e)
{
    if (e.ColumnIndex == 3)
    {

```

```

        dataGridView1.Rows[e.RowIndex].Cells[0].Value = e.RowIndex+1;
        dataGridView1.Rows[e.RowIndex].Cells[1].Value = "";
        dataGridView1.Rows[e.RowIndex].Cells[2].Value = "";
    }
    else
    {
        Calculate();
    }

    //Output();
}

private void Fill()
{
    try
    {
        dateTimePicker1.Value = sample.date;
        textBox1.Text = sample.horizont;
        textBox2.Text = sample.production; //выработка
        textBox3.Text = sample.link;
        textBox4.Text = sample.method;
        textBox5.Text = sample.center;
        textBox6.Text = sample.razn.ToString();
        textBox7.Text = sample.rast.ToString();
        textBox12.Text = sample.C.ToString();
        textBox8.Text = sample.AM.ToString();
        textBox9.Text = sample.AN.ToString();
        textBox10.Text = sample.MN.ToString();
        textBox11.Text = sample.K.ToString();
        textBoxNorm.Text = sample.ro_norm.ToString();
    }
    catch (Exception ex){ }

    dataGridView1.Rows.Clear();
    for (int i = 0; i < sample.areas[currentArea].zamers.Count; i++)
    {
        dataGridView1.Rows.Add();
        dataGridView1.Rows[i].Cells[0].Value = i+1;
        dataGridView1.Rows[i].Cells[1].Value = sample.areas[currentArea].zamers[i].U;
        dataGridView1.Rows[i].Cells[2].Value = sample.areas[currentArea].zamers[i].I;
    }
}

```

```

        dataGridView1.Rows[i].Cells[3].Value = sample.areas[currentArea].zamers[i].ro;
    }

}

private void SaveData()
{
    try
    {
        sample.date = dateTimePicker1.Value;
        sample.horizont = textBox1.Text;
        sample.production = textBox2.Text; //выработка
        sample.link = textBox3.Text;
        sample.method = textBox4.Text;
        sample.center = textBox5.Text;
        sample.razn = textBox6.Text == "" ? 0 : Convert.ToSingle(textBox6.Text);
        sample.rast = textBox7.Text == "" ? 0 : Convert.ToSingle(textBox7.Text);
        sample.C = textBox12.Text == "" ? 0 : Convert.ToSingle(textBox12.Text);
        sample.AM = textBox8.Text == "" ? 0 : Convert.ToSingle(textBox8.Text);
        sample.AN = textBox9.Text == "" ? 0 : Convert.ToSingle(textBox9.Text);
        sample.MN = textBox10.Text == "" ? 0 : Convert.ToSingle(textBox10.Text);
        sample.K = textBox11.Text == "" ? 0 : Convert.ToSingle(textBox11.Text);
        sample.ro_norm = textBoxNorm.Text == "" ? 0 : Convert.ToSingle(textBoxNorm.Text);
    }
    catch (Exception)
    {
        //throw;
    }

    for (int i = 0; i < dataGridView1.RowCount - 1; i++)
    {
        if (i == sample.areas[currentArea].zamers.Count)
        {
            sample.areas[currentArea].zamers.Add(new Zamer());
        }
    }
}

```

```

    }
    try
    {
        sample.areas[currentArea].zamers[i].U = Convert.ToSingle(data-
GridView1.Rows[i].Cells[1].Value);
        sample.areas[currentArea].zamers[i].I = Convert.ToSingle(data-
GridView1.Rows[i].Cells[2].Value);
    }
    catch (Exception ex) { }

    try
    {
        sample.areas[currentArea].zamers[i].ro = Convert.ToSingle(data-
GridView1.Rows[i].Cells[3].Value);
    }
    catch (Exception ex) { }
}
}
}

```

```

private void Output()
{
    SaveData();
    textBoxOutput.Clear();

    List<float> avgRO = new List<float>();
    List<float> avgK = new List<float>();
    for (int i = 0; i < sample.areas.Count; i++)
    {
        float summ = 0;
        for (int j = 0; j < sample.areas[i].zamers.Count; j++)
        {
            summ += sample.areas[i].zamers[j].ro;
        }
        avgRO.Add(summ / sample.areas[i].zamers.Count);
        avgK.Add(summ / sample.areas[i].zamers.Count / Con-
vert.ToSingle(textBoxNorm.Text));
    }

    for (int i = 0; i < avgRO.Count; i++)
    {
        textBoxOutput.AppendText("Уч.№" + (i + 1) + " ro(cp)=" +
avgRO[i].ToString() + " Kp=" + avgK[i].ToString() + " ");
    }
}

```

```

        if (avgK[i] < 0.1)
        {
            textBoxOutput.AppendText("Состояние массива «Опасно», воз-
можен горный удар (горно-тектонический удар)");
        }
        else if (avgK[i] >= 0.1 && avgK[i] < 0.5)
        {
            textBoxOutput.AppendText("Напряжения достаточны для прояв-
ления толчков с энергией 1-100 кДж.");
        }
        else if (avgK[i] >= 0.5 && avgK[i] < 1)
        {
            textBoxOutput.AppendText("Возможна локальная концентрация
напряжений в выработках.");
        }
        else if (avgK[i] >= 1)
        {
            textBoxOutput.AppendText("Массив разгружен, удароопасности
нет.");
        }
        textBoxOutput.Text += Environment.NewLine;
    }
}

```

```

}

private void SaveToFile(string FileName)
{
    BinaryFormatter bf = new BinaryFormatter();
    using (Stream fs = new FileStream(FileName, FileMode.Create, File-
Access.Write, FileShare.None))
    {
        bf.Serialize(fs, sample);
    }
}

```

```

private void LoadFromFile(string FileName)
{
    Sample newSample;
    BinaryFormatter bf = new BinaryFormatter();
    using (Stream fs = new FileStream(FileName, FileMode.Open, File-
Access.Read, FileShare.None))

```

```
{
    newSample = (Sample)bf.Deserialize(fs);
}

sample = newSample;
Fill();
}

private void SaveToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    SaveFileDialog saveDlg = new SaveFileDialog();
    saveDlg.Filter = "Sample files (*.elm)|*.elm";
    saveDlg.FilterIndex = 2;
    saveDlg.RestoreDirectory = true;
    if (saveDlg.ShowDialog() == DialogResult.Cancel)
        return;

    SaveToFile(saveDlg.FileName);
    MessageBox.Show("Файл сохранён");
}

private void OpenToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    OpenFileDialog openDlg = new OpenFileDialog();
    openDlg.Filter = "Sample files (*.elm)|*.elm";
    openDlg.FilterIndex = 2;
    if (openDlg.ShowDialog() == DialogResult.Cancel)
        return;
    LoadFromFile(openDlg.FileName);
}

private void NewToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    sample = new Sample();
    ClearAll();
}

private void ClearAll()
{
    dateTimePicker1.Value = DateTime.Now;
    textBox1.Text = "";
    textBox2.Text = "";
    textBox3.Text = "";
}
```

```
textBox4.Text = "";
textBox5.Text = "";
textBox6.Text = "";
textBox7.Text = "";
textBox12.Text = "2";
textBox8.Text = "";
textBox9.Text = "";
textBox10.Text = "";
textBox11.Text = "";
textBoxNorm.Text = "1000";

dataGridView1.Rows.Clear();
}

}
}
```

**Электрометрические измерения с 2017 по 2019 гг. на горизонте (-350)**

Юго-Восточный полевой штрек		
Дата	Точка	R, Ом м
24.01.2017	0	1 347,06
24.01.2017	2	7 881,40
24.01.2017	4	109,90
24.01.2017	6	47,10
24.01.2017	8	2 826,00
24.01.2017	10	31,71
24.01.2017	12	188,40
24.01.2017	14	1 334,50
24.01.2017	16	527,52
24.01.2017	18	197,82
24.01.2017	20	1 124,12
24.01.2017	22	11 555,20
24.01.2017	24	260,62
24.01.2017	26	2 983,00
24.01.2017	28	7 536,00
24.01.2017	30	4 207,60
24.01.2017	32	599,74
24.01.2017	34	2 920,20
24.01.2017	36	1 196,34
24.01.2017	38	25 434,00
24.01.2017	40	3 579,60
24.01.2017	42	4 474,50
24.01.2017	44	2 072,40
24.01.2017	46	445,88
24.01.2017	48	328,13
24.01.2017	50	8 164,00
24.01.2017	52	4 082,00
24.01.2017	54	21 195,00
24.01.2017	56	25 748,00
24.01.2017	58	2 323,60
24.01.2017	60	10 927,20
24.01.2017	62	719,06
06.02.2017	0	420,76
06.02.2017	2	20 253,00
06.02.2017	4	163 280,00
06.02.2017	6	32 342,00
06.02.2017	8	778,72
06.02.2017	10	1 194,77
06.02.2017	12	3 140,00
06.02.2017	14	480,42
06.02.2017	16	107,39

Порожняковский квершлаг		
Дата	Точка	R, Ом м
24.01.2017	0	4 333,20
24.01.2017	2	6 452,70
24.01.2017	4	83 210,00
24.01.2017	6	7 112,10
24.01.2017	8	6 531,20
24.01.2017	10	1 560,58
24.01.2017	12	1 083,30
24.01.2017	14	3 359,80
24.01.2017	16	2 857,40
24.01.2017	18	15 072,00
24.01.2017	20	2 637,60
24.01.2017	22	1 168,08
24.01.2017	24	477,28
24.01.2017	26	6 908,00
24.01.2017	28	3 595,30
24.01.2017	30	40 192,00
24.01.2017	32	2 826,00
24.01.2017	34	4 867,00
24.01.2017	36	7 379,00
24.01.2017	38	147 266,00
24.01.2017	40	5 761,90
24.01.2017	42	6 908,00
24.01.2017	44	1 224,60
24.01.2017	46	2 103,80
24.01.2017	48	376,80
24.01.2017	50	9 938,10
24.01.2017	52	1 915,40
24.01.2017	54	2 166,60
24.01.2017	56	314,00
24.01.2017	58	2 056,70
24.01.2017	60	618,58
09.03.2017	8	392,50
09.03.2017	10	233,93
09.03.2017	12	499,26
09.03.2017	14	153,86
09.03.2017	16	681,38
09.03.2017	18	3 422,60
09.03.2017	20	3 516,80
09.03.2017	22	461,58
09.03.2017	24	10 676,00
09.03.2017	26	2 778,90

Грузовой квершлаг		
Дата	Точка	R, Ом м
24.01.2017	0	464,72
24.01.2017	2	913,74
24.01.2017	4	67,20
24.01.2017	6	20,41
24.01.2017	8	109,27
24.01.2017	10	1 679,90
24.01.2017	12	17,58
24.01.2017	14	54,64
24.01.2017	16	1 617,10
24.01.2017	18	5 652,00
24.01.2017	20	100,48
24.01.2017	22	370,52
24.01.2017	24	6 892,30
24.01.2017	26	6 342,80
24.01.2017	28	1 304,67
24.01.2017	30	6 311,40
24.01.2017	32	56,83
24.01.2017	34	339,12
24.01.2017	36	7 457,50
24.01.2017	38	185,26
24.01.2017	40	1 549,59
24.01.2017	42	3 297,00
24.01.2017	44	169,56
24.01.2017	46	1 003,23
24.01.2017	48	659,40
24.01.2017	50	638,99
09.03.2017	0	29,36
09.03.2017	2	6 499,80
09.03.2017	4	656,26
09.03.2017	6	72,85
09.03.2017	8	138,47
09.03.2017	10	2 590,50
09.03.2017	12	505,54
09.03.2017	14	62,80
09.03.2017	16	2 606,20
09.03.2017	18	12 874,00
09.03.2017	20	4 160,50
09.03.2017	22	403,49
09.03.2017	24	8 478,00
09.03.2017	26	129 996,00
09.03.2017	28	7 033,60

06.02.2017	18	6 280,00
06.02.2017	20	1 240,30
06.02.2017	22	10 299,20
06.02.2017	24	94,20
06.02.2017	26	2 056,70
06.02.2017	28	5 636,30
06.02.2017	30	2 103,80
06.02.2017	32	1 325,08
06.02.2017	34	753,60
06.02.2017	36	1 664,20
06.02.2017	38	802,27
06.02.2017	40	10 000,90
06.02.2017	42	9 498,50
06.02.2017	44	4 725,70
06.02.2017	46	293,59
06.02.2017	48	10 079,40
06.02.2017	50	593,46
06.02.2017	52	5 495,00
06.02.2017	54	8 258,20
06.02.2017	56	960,84
06.02.2017	58	29,20
06.02.2017	60	5 856,10
06.02.2017	62	767,73
09.03.2017	0	3 454,00
09.03.2017	2	72 377,00
09.03.2017	4	26 533,00
09.03.2017	6	2 402,10
09.03.2017	8	3 516,80
09.03.2017	10	194,68
09.03.2017	12	2 198,00
09.03.2017	14	3 454,00
09.03.2017	16	62,80
09.03.2017	18	1 648,50
09.03.2017	20	1 931,10
09.03.2017	22	1 378,46
09.03.2017	24	10 519,00
09.03.2017	26	774,01
09.03.2017	28	87,29
09.03.2017	30	427,04
09.03.2017	32	5 824,70
09.03.2017	34	314,00
09.03.2017	36	94,20
09.03.2017	38	825,82
09.03.2017	40	244,92
09.03.2017	42	185,26

09.03.2017	28	406,63
09.03.2017	30	2 512,00
09.03.2017	32	686,09
09.03.2017	34	1 161,80
09.03.2017	36	6 908,00
09.03.2017	38	323,42
09.03.2017	40	392,50
09.03.2017	42	188,40
09.03.2017	44	14 758,00
09.03.2017	46	7 379,00
09.03.2017	48	1 695,60
09.03.2017	50	13 721,80
09.03.2017	52	49,93
09.03.2017	54	8 164,00
09.03.2017	56	6 594,00
09.03.2017	58	137,53
09.03.2017	60	266,90
09.03.2017	62	276,32
09.03.2017	64	2 794,60
09.03.2017	66	1 174,36
09.03.2017	68	1 836,90
19.04.2017	66	860,36
19.04.2017	68	562,06
20.04.2017	8	277,89
20.04.2017	10	20,41
20.04.2017	12	109,90
20.04.2017	14	141,30
20.04.2017	16	72,22
20.04.2017	18	541,65
20.04.2017	20	335,98
20.04.2017	22	139,73
20.04.2017	24	59,66
20.04.2017	26	656,26
20.04.2017	28	411,34
20.04.2017	30	54,17
20.04.2017	32	91,06
20.04.2017	34	408,20
20.04.2017	36	513,39
20.04.2017	38	499,26
20.04.2017	40	233,93
20.04.2017	42	12,56
20.04.2017	44	69,08
20.04.2017	46	290,45
20.04.2017	48	292,02
20.04.2017	50	384,65

09.03.2017	30	4 191,90
09.03.2017	32	489,84
09.03.2017	34	733,19
09.03.2017	36	624,86
09.03.2017	38	552,64
09.03.2017	40	701,79
09.03.2017	42	62,80
09.03.2017	44	118,06
09.03.2017	46	155,27
09.03.2017	48	94,20
17.04.2017	0	2 496,30
17.04.2017	2	282,60
17.04.2017	4	298,30
17.04.2017	6	235,50
17.04.2017	8	125,60
17.04.2017	10	87,92
17.04.2017	12	737,90
17.04.2017	14	533,80
17.04.2017	16	376,80
17.04.2017	18	1 056,61
17.04.2017	20	4 772,80
17.04.2017	22	1 318,80
17.04.2017	24	1 664,20
17.04.2017	26	737,90
17.04.2017	28	29,67
17.04.2017	30	565,20
17.04.2017	32	596,60
17.04.2017	34	863,50
17.04.2017	36	824,25
17.04.2017	38	1 122,55
17.04.2017	40	251,20
17.04.2017	42	1 020,50
17.04.2017	44	376,80
17.04.2017	46	722,20
17.04.2017	48	1 334,50
17.04.2017	50	31,40
05.06.2017	0	106,45
05.06.2017	2	279,46
05.06.2017	4	26,22
05.06.2017	6	68,61
05.06.2017	8	37,37
05.06.2017	10	315,57
05.06.2017	12	1 695,60
05.06.2017	14	111,47
05.06.2017	16	106,76

09.03.2017	44	136,43
09.03.2017	46	116,02
09.03.2017	48	97,03
09.03.2017	50	148,21
09.03.2017	52	5 149,60
09.03.2017	54	295,16
09.03.2017	56	177,41
09.03.2017	58	645,27
09.03.2017	60	2 103,80
09.03.2017	62	73,79
17.04.2017	0	1 419,28
17.04.2017	2	11 932,00
17.04.2017	4	19 311,00
17.04.2017	6	9 121,70
17.04.2017	8	1 931,10
17.04.2017	10	78,50
17.04.2017	12	2 166,60
17.04.2017	14	3 344,10
17.04.2017	16	1 114,70
17.04.2017	18	3 218,50
17.04.2017	20	6 641,10
17.04.2017	22	3 752,30
17.04.2017	24	19,78
17.04.2017	26	6 107,30
17.04.2017	28	48,20
17.04.2017	30	642,13
17.04.2017	32	1 420,85
17.04.2017	34	3 595,30
17.04.2017	36	321,85
17.04.2017	38	4 333,20
17.04.2017	40	340,69
17.04.2017	42	48 513,00
17.04.2017	44	2 041,00
17.04.2017	46	266,90
17.04.2017	48	141,30
17.04.2017	50	1 946,80
17.04.2017	52	596,60
17.04.2017	54	24,49
17.04.2017	56	2 527,70
17.04.2017	58	188,40
17.04.2017	60	706,50
17.04.2017	62	2 276,50
05.06.2017	0	2 983,00
05.06.2017	2	8 792,00
05.06.2017	4	79 913,00

20.04.2017	52	2 543,40
20.04.2017	54	546,36
20.04.2017	56	202,53
20.04.2017	58	342,26
20.04.2017	60	852,51
20.04.2017	62	455,30
20.04.2017	64	430,18
20.04.2017	66	860,36
20.04.2017	68	562,06
05.06.2017	8	114,61
05.06.2017	10	23,55
05.06.2017	12	27,95
05.06.2017	14	107,55
05.06.2017	16	31,40
05.06.2017	18	659,40
05.06.2017	20	62,80
05.06.2017	22	1 036,20
05.06.2017	24	314,00
05.06.2017	26	628,00
05.06.2017	28	5 432,20
05.06.2017	30	1 067,60
05.06.2017	32	596,60
05.06.2017	34	25 591,00
05.06.2017	36	1 224,60
05.06.2017	38	10 958,60
05.06.2017	40	2 402,10
05.06.2017	42	558,92
05.06.2017	44	42,39
05.06.2017	46	2 716,10
05.06.2017	48	1 397,30
05.06.2017	50	28 260,00
05.06.2017	52	14 742,30
05.06.2017	54	1 601,40
05.06.2017	56	5 966,00
05.06.2017	58	690,80
05.06.2017	60	533,80
05.06.2017	62	1 193,20
05.06.2017	64	4 082,00
05.06.2017	66	12 654,20
05.06.2017	68	3 108,60
07.07.2017	8	150,72
07.07.2017	10	139,73
07.07.2017	12	127,17
07.07.2017	14	182,12
07.07.2017	16	91,06

05.06.2017	18	29,83
05.06.2017	20	69,08
05.06.2017	22	130,31
05.06.2017	24	715,92
05.06.2017	26	684,52
05.06.2017	28	2 025,30
05.06.2017	30	642,13
05.06.2017	32	91,06
05.06.2017	34	92,63
05.06.2017	36	175,84
05.06.2017	38	226,08
05.06.2017	40	59,66
05.06.2017	42	604,45
05.06.2017	44	135,02
05.06.2017	46	95,77
05.06.2017	48	122,46
05.06.2017	50	47,10
07.07.2017	0	483,56
07.07.2017	2	106,76
07.07.2017	4	34,54
07.07.2017	6	36,11
07.07.2017	8	20,41
07.07.2017	10	48,67
07.07.2017	12	160,14
07.07.2017	14	467,86
07.07.2017	16	255,91
07.07.2017	18	122,46
07.07.2017	20	153,86
07.07.2017	22	83,21
07.07.2017	24	3 108,60
07.07.2017	26	138,16
07.07.2017	28	929,44
07.07.2017	30	303,01
07.07.2017	32	83,21
07.07.2017	34	31,71
07.07.2017	36	384,65
07.07.2017	38	262,19
07.07.2017	40	811,69
07.07.2017	42	3 030,10
07.07.2017	44	474,14
07.07.2017	46	529,09
07.07.2017	48	282,60
07.07.2017	50	241,78
08.08.2017	0	76,93
08.08.2017	2	18,84

05.06.2017	6	24 178,00
05.06.2017	8	271 610,00
05.06.2017	10	37 209,00
05.06.2017	12	628,00
05.06.2017	14	315,57
05.06.2017	16	1 899,70
05.06.2017	18	4 647,20
05.06.2017	20	7 661,60
05.06.2017	22	30 772,00
05.06.2017	24	70 807,00
05.06.2017	26	2 323,60
05.06.2017	28	91,06
05.06.2017	30	310,86
05.06.2017	32	1 095,86
05.06.2017	34	150,72
05.06.2017	36	340,69
05.06.2017	38	802,27
05.06.2017	40	715,92
05.06.2017	42	65 312,00
05.06.2017	44	24 806,00
05.06.2017	46	626,43
05.06.2017	48	94,20
05.06.2017	50	21,98
05.06.2017	52	372,09
05.06.2017	54	778,72
05.06.2017	56	938,86
05.06.2017	58	16,01
05.06.2017	60	18,84
05.06.2017	62	160,14
07.07.2017	0	565,20
07.07.2017	2	157,00
07.07.2017	4	3 595,30
07.07.2017	6	9 043,20
07.07.2017	8	3 108,60
07.07.2017	10	860,36
07.07.2017	12	265,33
07.07.2017	14	238,64
07.07.2017	16	425,47
07.07.2017	18	293,59
07.07.2017	20	846,23
07.07.2017	22	1 397,30
07.07.2017	24	318,71
07.07.2017	26	167,99
07.07.2017	28	653,12
07.07.2017	30	350,11

07.07.2017	18	452,16
07.07.2017	20	180,55
07.07.2017	22	211,95
07.07.2017	24	686,09
07.07.2017	26	216,66
07.07.2017	28	232,36
07.07.2017	30	266,90
07.07.2017	32	284,17
07.07.2017	34	167,99
07.07.2017	36	719,06
07.07.2017	38	777,15
07.07.2017	40	4 819,90
07.07.2017	42	91,06
07.07.2017	44	16,49
07.07.2017	46	332,84
07.07.2017	48	142,87
07.07.2017	50	405,06
07.07.2017	52	207,24
07.07.2017	54	255,91
07.07.2017	56	138,16
07.07.2017	58	262,19
07.07.2017	60	15,70
07.07.2017	62	70,65
07.07.2017	64	293,59
07.07.2017	66	216,66
07.07.2017	68	284,17
08.08.2017	8	16,01
08.08.2017	10	48,67
08.08.2017	12	54,95
08.08.2017	14	197,82
08.08.2017	16	114,61
08.08.2017	18	200,96
08.08.2017	20	196,25
08.08.2017	22	320,28
08.08.2017	24	671,96
08.08.2017	26	106,76
08.08.2017	28	135,02
08.08.2017	30	39,25
08.08.2017	32	56,52
08.08.2017	34	106,76
08.08.2017	36	241,78
08.08.2017	38	335,98
08.08.2017	40	136,59
08.08.2017	42	86,35
08.08.2017	44	97,34

08.08.2017	4	152,29
08.08.2017	6	87,92
08.08.2017	8	18,84
08.08.2017	10	1 821,20
08.08.2017	12	365,81
08.08.2017	14	66,41
08.08.2017	16	7 426,10
08.08.2017	18	56,52
08.08.2017	20	172,70
08.08.2017	22	42,39
08.08.2017	24	5 322,30
08.08.2017	26	1 240,30
08.08.2017	28	1 381,60
08.08.2017	30	166,42
08.08.2017	32	31,40
08.08.2017	34	266,90
08.08.2017	36	188,40
08.08.2017	38	675,10
08.08.2017	40	160,14
08.08.2017	42	1 287,40
08.08.2017	44	109,90
08.08.2017	46	16,49
08.08.2017	48	753,60
08.08.2017	50	235,50
11.09.2017	0	26 847,00
11.09.2017	2	10 519,00
11.09.2017	4	10 644,60
11.09.2017	6	6 217,20
11.09.2017	8	93 572,00
11.09.2017	10	12 073,30
11.09.2017	12	5 746,20
11.09.2017	14	7 316,20
11.09.2017	16	1 003,23
11.09.2017	18	6 264,30
11.09.2017	20	4 537,30
11.09.2017	22	13 439,20
11.09.2017	24	4 710,00
11.09.2017	26	257,48
11.09.2017	28	298,30
11.09.2017	30	5 275,20
11.09.2017	32	22 451,00
11.09.2017	34	3 297,00
11.09.2017	36	14 946,40
11.09.2017	38	8 430,90
11.09.2017	40	2 386,40

07.07.2017	32	282,60
07.07.2017	34	260,62
07.07.2017	36	292,02
07.07.2017	38	1 301,53
07.07.2017	40	58,09
07.07.2017	42	811,69
07.07.2017	44	138,16
07.07.2017	46	119,32
07.07.2017	48	160,14
07.07.2017	50	310,86
07.07.2017	52	25,12
07.07.2017	54	28,26
07.07.2017	56	144,44
07.07.2017	58	549,50
07.07.2017	60	439,60
07.07.2017	62	144,44
08.08.2017	0	62,80
08.08.2017	2	596,60
08.08.2017	4	14 522,50
08.08.2017	6	1 962,50
08.08.2017	8	2 527,70
08.08.2017	10	207,24
08.08.2017	12	161,71
08.08.2017	14	188,40
08.08.2017	16	73,79
08.08.2017	18	177,41
08.08.2017	20	420,76
08.08.2017	22	1 026,78
08.08.2017	24	3 673,80
08.08.2017	26	97,34
08.08.2017	28	87,92
08.08.2017	30	171,13
08.08.2017	32	188,40
08.08.2017	34	72,22
08.08.2017	36	233,93
08.08.2017	38	602,88
08.08.2017	40	758,31
08.08.2017	42	518,10
08.08.2017	44	58,88
08.08.2017	46	160,14
08.08.2017	48	75,36
08.08.2017	50	61,23
08.08.2017	52	47,10
08.08.2017	54	18,84
08.08.2017	56	16,49

08.08.2017	46	750,46
08.08.2017	48	1 224,60
08.08.2017	50	227,65
08.08.2017	52	640,56
08.08.2017	54	180,55
08.08.2017	56	100,48
08.08.2017	58	1 208,90
08.08.2017	60	270,04
08.08.2017	62	62,80
08.08.2017	64	235,50
08.08.2017	66	420,76
08.08.2017	68	326,56
11.09.2017	8	37,37
11.09.2017	10	1 083,30
11.09.2017	12	109,27
11.09.2017	14	62,49
11.09.2017	16	777,15
11.09.2017	18	1 931,10
11.09.2017	20	951,42
11.09.2017	22	1 133,54
11.09.2017	24	1 414,57
11.09.2017	26	1 157,09
11.09.2017	28	717,49
11.09.2017	30	15 072,00
11.09.2017	32	497,69
11.09.2017	34	2 841,70
11.09.2017	36	51,65
11.09.2017	38	72,22
11.09.2017	40	76,62
11.09.2017	42	110,84
11.09.2017	44	30,14
11.09.2017	46	345,40
11.09.2017	48	160,14
11.09.2017	50	502,40
11.09.2017	52	3 799,40
11.09.2017	54	4 050,60
11.09.2017	56	310,86
11.09.2017	58	1 664,20
11.09.2017	60	110,37
11.09.2017	62	36,42
11.09.2017	64	1 852,60
11.09.2017	66	1 774,10
11.09.2017	68	4 505,90
10.10.2017	8	69,24
10.10.2017	10	16,64

11.09.2017	42	5 353,70
11.09.2017	44	3 375,50
11.09.2017	46	2 276,50
11.09.2017	48	3 689,50
11.09.2017	50	19 625,00
10.10.2017	0	4 458,80
10.10.2017	2	3 249,90
10.10.2017	4	645,27
10.10.2017	6	80,23
10.10.2017	8	18,06
10.10.2017	10	9 718,30
10.10.2017	12	3 893,60
10.10.2017	14	7 127,80
10.10.2017	16	2 543,40
10.10.2017	18	697,08
10.10.2017	20	6 091,60
10.10.2017	22	14 648,10
10.10.2017	24	54 322,00
10.10.2017	26	64 998,00
10.10.2017	28	3 705,20
10.10.2017	30	4 584,40
10.10.2017	32	18 369,00
10.10.2017	34	31,09
10.10.2017	36	6 295,70
10.10.2017	38	31,40
10.10.2017	40	26,85
10.10.2017	42	1 111,56
10.10.2017	44	244,92
10.10.2017	46	1 585,70
10.10.2017	48	23 079,00
10.10.2017	50	2 637,60
14.11.2017	0	185,26
14.11.2017	2	1 789,80
14.11.2017	4	2 826,00
14.11.2017	6	6 342,80
14.11.2017	8	1 695,60
14.11.2017	10	1 648,50
14.11.2017	12	329,70
14.11.2017	14	910,60
14.11.2017	16	2 543,40
14.11.2017	18	213,52
14.11.2017	20	488,27
14.11.2017	22	19 154,00
14.11.2017	24	114 610,00
14.11.2017	26	22 294,00

08.08.2017	58	755,17
08.08.2017	60	200,96
08.08.2017	62	376,80
11.09.2017	0	197,82
11.09.2017	2	6 248,60
11.09.2017	4	4 662,90
11.09.2017	6	255,91
11.09.2017	8	48,67
11.09.2017	10	7 379,00
11.09.2017	12	10 848,70
11.09.2017	14	13 816,00
11.09.2017	16	923,16
11.09.2017	18	38,31
11.09.2017	20	1 320,37
11.09.2017	22	4 835,60
11.09.2017	24	9 215,90
11.09.2017	26	207,24
11.09.2017	28	150,72
11.09.2017	30	222,94
11.09.2017	32	78,34
11.09.2017	34	157,00
11.09.2017	36	1 158,66
11.09.2017	38	6 641,10
11.09.2017	40	742,61
11.09.2017	42	210,38
11.09.2017	44	194,68
11.09.2017	46	985,96
11.09.2017	48	19 625,00
11.09.2017	50	35 482,00
11.09.2017	52	25 277,00
11.09.2017	54	5 997,40
11.09.2017	56	3 077,20
11.09.2017	58	1 821,20
11.09.2017	60	11 618,00
11.09.2017	62	9 592,70
10.10.2017	0	197,82
10.10.2017	2	795 990,00
10.10.2017	4	708 070,00
10.10.2017	6	46 786,00
10.10.2017	8	19 468,00
10.10.2017	10	27 475,00
10.10.2017	12	64,21
10.10.2017	14	2 669,00
10.10.2017	16	1 111,56
10.10.2017	18	546,36

10.10.2017	12	23,71
10.10.2017	14	1 529,18
10.10.2017	16	844,66
10.10.2017	18	730,05
10.10.2017	20	5 385,10
10.10.2017	22	296,73
10.10.2017	24	7 002,20
10.10.2017	26	712,78
10.10.2017	28	326,56
10.10.2017	30	55,11
10.10.2017	32	2 088,10
10.10.2017	34	19 939,00
10.10.2017	36	4 191,90
10.10.2017	38	13 439,20
10.10.2017	40	8 556,50
10.10.2017	42	140,52
10.10.2017	44	78,66
10.10.2017	46	3 281,30
10.10.2017	48	131,41
10.10.2017	50	13 470,60
10.10.2017	52	9 828,20
10.10.2017	54	2 543,40
10.10.2017	56	3 108,60
10.10.2017	58	16 014,00
10.10.2017	60	1 541,74
10.10.2017	62	50 397,00
10.10.2017	64	33 598,00
10.10.2017	66	58 718,00
10.10.2017	68	14 067,20
14.11.2017	8	690,80
14.11.2017	10	1 036,20
14.11.2017	12	2 182,30
14.11.2017	14	224,51
14.11.2017	16	180,55
14.11.2017	18	982,82
14.11.2017	20	314,00
14.11.2017	22	524,38
14.11.2017	24	5 730,50
14.11.2017	26	1 962,50
14.11.2017	28	458,44
14.11.2017	30	238,64
14.11.2017	32	525,95
14.11.2017	34	1 086,44
14.11.2017	36	401,92
14.11.2017	38	370,52

14.11.2017	28	51 810,00
14.11.2017	30	102 050,00
14.11.2017	32	1 789,80
14.11.2017	34	2 464,90
14.11.2017	36	540,08
14.11.2017	38	455,30
14.11.2017	40	2 904,50
14.11.2017	42	193,11
14.11.2017	44	323,42
14.11.2017	46	232,36
18.12.2017	0	5 840,40
18.12.2017	2	5 369,40
18.12.2017	4	157,00
18.12.2017	6	2 339,30
18.12.2017	8	218,23
18.12.2017	10	188,40
18.12.2017	12	160,14
18.12.2017	14	301,44
18.12.2017	16	673,53
18.12.2017	18	1 789,80
18.12.2017	20	414,48
18.12.2017	22	2 590,50
18.12.2017	24	1 102,14
18.12.2017	26	766,16
18.12.2017	28	832,10
18.12.2017	30	1 334,50
18.12.2017	32	1 868,30
18.12.2017	34	210,38
18.12.2017	36	263,76
18.12.2017	38	452,16
18.12.2017	40	282,60
18.12.2017	42	2 025,30
18.12.2017	44	467,86
18.12.2017	46	248,06
18.12.2017	48	409,77
18.12.2017	50	529,09
29.12.2017	0	276,32
29.12.2017	2	527,52
29.12.2017	4	17,11
29.12.2017	6	17,27
29.12.2017	8	30,46
29.12.2017	10	166,42
29.12.2017	12	27,63
29.12.2017	14	44,90
29.12.2017	16	200,96

10.10.2017	20	11 366,80
10.10.2017	22	725,34
10.10.2017	24	1 648,50
10.10.2017	26	3 987,80
10.10.2017	28	5 118,20
10.10.2017	30	1 196,34
10.10.2017	32	62,96
10.10.2017	34	734,76
10.10.2017	36	100,48
10.10.2017	38	3 689,50
10.10.2017	40	458,44
10.10.2017	42	68 295,00
10.10.2017	44	530,66
10.10.2017	46	632,71
10.10.2017	48	1 758,40
10.10.2017	50	8 368,10
10.10.2017	52	434,89
10.10.2017	54	5 652,00
10.10.2017	56	1 727,00
10.10.2017	58	2 198,00
10.10.2017	60	3 234,20
10.10.2017	62	907,46
14.11.2017	0	381,51
14.11.2017	2	200,96
14.11.2017	4	4 129,10
14.11.2017	6	405,06
14.11.2017	8	518,10
14.11.2017	10	260,62
14.11.2017	12	982,82
14.11.2017	14	163,28
14.11.2017	16	1 158,66
14.11.2017	18	913,74
14.11.2017	20	361,10
14.11.2017	22	216,66
14.11.2017	24	3 595,30
14.11.2017	26	543,22
14.11.2017	28	596,60
14.11.2017	30	474,14
14.11.2017	32	219,80
14.11.2017	34	175,84
14.11.2017	36	1 585,70
14.11.2017	38	463,15
14.11.2017	40	453,73
14.11.2017	42	219,80
14.11.2017	44	2 449,20

14.11.2017	40	227,65
14.11.2017	42	2 119,50
14.11.2017	44	2 574,80
14.11.2017	46	222,94
14.11.2017	48	684,52
14.11.2017	50	2 009,60
14.11.2017	52	667,25
14.11.2017	54	4 678,60
14.11.2017	56	2 512,00
14.11.2017	58	270,04
14.11.2017	60	2 103,80
14.11.2017	62	1 821,20
14.11.2017	64	2 166,60
14.11.2017	66	2 543,40
14.11.2017	68	832,10
18.12.2017	8	241,78
18.12.2017	10	1 058,18
18.12.2017	12	356,39
18.12.2017	14	587,18
18.12.2017	16	320,28
18.12.2017	18	185,26
18.12.2017	20	6 154,40
18.12.2017	22	2 402,10
18.12.2017	24	2 574,80
18.12.2017	26	244,92
18.12.2017	28	183,69
18.12.2017	30	158,57
18.12.2017	32	7 567,40
18.12.2017	34	3 516,80
18.12.2017	36	3 281,30
18.12.2017	38	4 034,90
18.12.2017	40	3 548,20
18.12.2017	42	208,81
18.12.2017	44	293,59
18.12.2017	46	7 912,80
18.12.2017	48	907,46
18.12.2017	50	18 840,00
18.12.2017	52	249,63
18.12.2017	54	938,86
18.12.2017	56	1 387,88
18.12.2017	58	1 142,96
18.12.2017	60	423,90
18.12.2017	62	4 662,90
18.12.2017	64	1 299,96
18.12.2017	66	17 741,00

29.12.2017	18	255,91
29.12.2017	20	169,56
29.12.2017	22	17,90
29.12.2017	24	2 559,10
29.12.2017	26	1 884,00
29.12.2017	28	596,60
29.12.2017	30	167,99
29.12.2017	32	88,55
29.12.2017	34	130,94
29.12.2017	36	387,79
29.12.2017	38	232,36
29.12.2017	40	238,64
29.12.2017	42	154,49
29.12.2017	44	1 246,58
29.12.2017	46	238,64
29.12.2017	48	227,65
29.12.2017	50	602,88
10.01.2018	0	1 281,12
10.01.2018	2	549,50
10.01.2018	4	304,58
10.01.2018	6	737,90
10.01.2018	8	8 917,60
10.01.2018	10	263,76
10.01.2018	12	59,35
10.01.2018	14	33,91
10.01.2018	16	48,67
10.01.2018	18	81,33
10.01.2018	20	87,45
10.01.2018	22	43,49
10.01.2018	24	64,37
10.01.2018	26	60,29
10.01.2018	28	1 915,40
10.01.2018	30	210,38
10.01.2018	32	257,48
10.01.2018	34	524,38
10.01.2018	36	433,32
10.01.2018	38	274,75
10.01.2018	40	430,18
10.01.2018	42	982,82
10.01.2018	44	329,70
10.01.2018	46	2 041,00
10.01.2018	48	180,55
10.01.2018	50	987,53
14.02.2018	0	106,45
14.02.2018	2	279,46

14.11.2017	46	295,16
14.11.2017	48	213,52
14.11.2017	50	1 884,00
14.11.2017	52	2 669,00
14.11.2017	54	1 727,00
14.11.2017	56	205,67
14.11.2017	58	254,34
14.11.2017	60	285,74
14.11.2017	62	157,00
18.12.2017	0	467,86
18.12.2017	2	533,80
18.12.2017	4	423,90
18.12.2017	6	232,36
18.12.2017	8	4 804,20
18.12.2017	10	4 898,40
18.12.2017	12	273,18
18.12.2017	14	533,80
18.12.2017	16	521,24
18.12.2017	18	744,18
18.12.2017	20	3 030,10
18.12.2017	22	2 778,90
18.12.2017	24	157,00
18.12.2017	26	251,20
18.12.2017	28	4 568,70
18.12.2017	30	373,66
18.12.2017	32	464,72
18.12.2017	34	5 887,50
18.12.2017	36	7 284,80
18.12.2017	38	10 236,40
18.12.2017	40	4 662,90
18.12.2017	42	364,24
18.12.2017	44	510,25
18.12.2017	46	216,66
18.12.2017	48	1 711,30
18.12.2017	50	246,49
18.12.2017	52	197,82
18.12.2017	54	455,30
18.12.2017	56	467,86
18.12.2017	58	1 648,50
18.12.2017	60	6 091,60
18.12.2017	62	579,33
29.12.2017	0	854,08
29.12.2017	2	1 544,88
29.12.2017	4	27 946,00
29.12.2017	6	119 634,00

18.12.2017	68	420,76
29.12.2017	0	107,70
29.12.2017	2	91,37
29.12.2017	4	737,90
29.12.2017	6	213,52
29.12.2017	8	288,88
29.12.2017	10	196,25
29.12.2017	12	263,76
29.12.2017	14	40 506,00
29.12.2017	16	222,94
29.12.2017	18	339,12
29.12.2017	20	229,22
29.12.2017	22	794,42
29.12.2017	24	1 089,58
29.12.2017	26	698,65
29.12.2017	28	406,63
29.12.2017	30	1 249,72
29.12.2017	32	951,42
29.12.2017	34	1 544,88
29.12.2017	36	47,89
29.12.2017	38	706,50
29.12.2017	40	602,88
29.12.2017	42	126,23
29.12.2017	44	94,83
29.12.2017	46	194,68
29.12.2017	48	241,78
29.12.2017	50	1 962,50
29.12.2017	52	29 830,00
29.12.2017	54	1 648,50
29.12.2017	56	602,88
29.12.2017	58	126,23
29.12.2017	60	32,03
29.12.2017	62	1 821,20
29.12.2017	64	6 327,10
29.12.2017	66	871,35
29.12.2017	68	2 841,70
10.01.2018	10	455,30
10.01.2018	12	533,80
10.01.2018	14	335,98
10.01.2018	16	492,98
10.01.2018	18	248,06
10.01.2018	20	574,62
10.01.2018	22	6 594,00
10.01.2018	24	492,98
10.01.2018	26	2 574,80

14.02.2018	4	26,22
14.02.2018	6	68,61
14.02.2018	8	37,37
14.02.2018	10	315,57
14.02.2018	12	1 695,60
14.02.2018	14	111,47
14.02.2018	16	106,76
14.02.2018	18	29,83
14.02.2018	20	69,08
14.02.2018	22	130,31
14.02.2018	24	715,92
14.02.2018	26	684,52
14.02.2018	28	2 025,30
14.02.2018	30	642,13
14.02.2018	32	91,06
14.02.2018	34	92,63
14.02.2018	36	175,84
14.02.2018	38	226,08
14.02.2018	40	59,66
14.02.2018	42	604,45
14.02.2018	44	135,02
14.02.2018	46	95,77
14.02.2018	48	122,46
14.02.2018	50	47,10
13.03.2018	0	45,53
13.03.2018	2	28,26
13.03.2018	4	15,70
13.03.2018	6	298,30
13.03.2018	8	17,27
13.03.2018	10	54,95
13.03.2018	12	39,25
13.03.2018	14	18,84
13.03.2018	16	22,29
13.03.2018	18	36,11
13.03.2018	20	67,51
13.03.2018	22	40,82
13.03.2018	24	219,80
13.03.2018	26	116,18
13.03.2018	28	167,99
13.03.2018	30	224,51
13.03.2018	32	28,89
13.03.2018	34	34,54
13.03.2018	36	43,96
13.03.2018	38	376,80
13.03.2018	40	188,40

29.12.2017	8	3 375,50
29.12.2017	10	2 198,00
29.12.2017	12	588,75
29.12.2017	14	730,05
29.12.2017	16	2 339,30
29.12.2017	18	1 497,78
29.12.2017	20	279,46
29.12.2017	22	3 077,20
29.12.2017	24	1 387,88
29.12.2017	26	351,68
29.12.2017	28	670,39
29.12.2017	30	232,36
29.12.2017	32	237,07
29.12.2017	34	959,27
29.12.2017	36	2 951,60
29.12.2017	38	1 011,08
29.12.2017	40	254,34
29.12.2017	42	885,48
29.12.2017	44	1 221,46
29.12.2017	46	79,13
29.12.2017	48	36,74
29.12.2017	50	60,29
29.12.2017	52	194,68
29.12.2017	54	97,97
29.12.2017	56	199,39
29.12.2017	58	55,58
29.12.2017	60	246,49
29.12.2017	62	66,57
10.01.2018	0	1 045,62
10.01.2018	2	540,08
10.01.2018	4	522,81
10.01.2018	6	1 070,74
10.01.2018	8	1 648,50
10.01.2018	10	2 512,00
10.01.2018	12	169,56
10.01.2018	14	257,48
10.01.2018	16	2 543,40
10.01.2018	18	3 454,00
10.01.2018	20	2 072,40
10.01.2018	22	624,86
10.01.2018	24	365,81
10.01.2018	26	1 270,13
10.01.2018	28	320,28
10.01.2018	30	4 537,30
10.01.2018	32	288,88

10.01.2018	28	2 935,90
10.01.2018	30	1 585,70
10.01.2018	32	3 202,80
10.01.2018	34	1 805,50
10.01.2018	36	9 985,20
10.01.2018	38	20 410,00
10.01.2018	40	7 755,80
10.01.2018	42	3 297,00
10.01.2018	44	208,81
10.01.2018	46	499,26
10.01.2018	48	535,37
10.01.2018	50	511,82
10.01.2018	52	384,65
10.01.2018	54	2 559,10
10.01.2018	56	232,36
10.01.2018	58	1 601,40
10.01.2018	60	4 804,20
10.01.2018	62	1 083,30
10.01.2018	64	613,87
10.01.2018	66	530,66
10.01.2018	68	38 779,00
14.02.2018	8	213,52
14.02.2018	10	257,48
14.02.2018	12	97,34
14.02.2018	14	320,28
14.02.2018	16	122,46
14.02.2018	18	494,55
14.02.2018	20	478,85
14.02.2018	22	259,05
14.02.2018	24	464,72
14.02.2018	26	1 256,00
14.02.2018	28	671,96
14.02.2018	30	188,40
14.02.2018	32	97,34
14.02.2018	34	445,88
14.02.2018	36	623,29
14.02.2018	38	475,71
14.02.2018	40	318,71
14.02.2018	42	98,91
14.02.2018	44	109,90
14.02.2018	46	298,30
14.02.2018	48	251,20
14.02.2018	50	471,00
14.02.2018	52	3 815,10
14.02.2018	54	439,60

13.03.2018	42	273,18
13.03.2018	44	131,88
13.03.2018	46	772,44
13.03.2018	48	111,47
13.03.2018	50	42,39
04.05.2018	0	52,75
04.05.2018	2	54,64
04.05.2018	4	75,83
04.05.2018	6	127,01
04.05.2018	8	80,38
04.05.2018	10	99,85
04.05.2018	12	29,36
04.05.2018	14	41,45
04.05.2018	16	35,33
04.05.2018	18	725,34
04.05.2018	20	273,18
04.05.2018	22	66,73
04.05.2018	24	514,96
04.05.2018	26	767,73
04.05.2018	28	160,14
04.05.2018	30	193,11
04.05.2018	32	113,67
04.05.2018	34	63,27
04.05.2018	36	411,34
04.05.2018	38	5 212,40
04.05.2018	40	8 509,40
04.05.2018	42	332,84
04.05.2018	44	306,15
04.05.2018	46	271,61
04.05.2018	48	558,92
04.05.2018	50	207,24
05.06.2018	0	155,27
05.06.2018	2	108,64
05.06.2018	4	1 067,60
05.06.2018	6	32,66
05.06.2018	8	75,83
05.06.2018	10	51,97
05.06.2018	12	16,64
05.06.2018	14	12,40
05.06.2018	16	21,35
05.06.2018	18	58,56
05.06.2018	20	32,66
05.06.2018	22	19,94
05.06.2018	24	133,45
05.06.2018	26	164,85

10.01.2018	34	257,48
10.01.2018	36	251,20
10.01.2018	38	8 807,70
10.01.2018	40	2 135,20
10.01.2018	42	265,33
10.01.2018	44	383,08
10.01.2018	46	178,98
10.01.2018	48	3 736,60
10.01.2018	50	500,83
10.01.2018	52	546,36
10.01.2018	54	22 922,00
10.01.2018	56	555,78
10.01.2018	58	533,80
10.01.2018	60	20 253,00
10.01.2018	62	976,54
14.02.2018	0	2 983,00
14.02.2018	2	8 792,00
14.02.2018	4	79 913,00
14.02.2018	6	24 178,00
14.02.2018	8	271 610,00
14.02.2018	10	37 209,00
14.02.2018	12	628,00
14.02.2018	14	315,57
14.02.2018	16	1 899,70
14.02.2018	18	4 647,20
14.02.2018	20	7 661,60
14.02.2018	22	30 772,00
14.02.2018	24	70 807,00
14.02.2018	26	2 323,60
14.02.2018	28	76,93
14.02.2018	30	1 095,86
14.02.2018	32	150,72
14.02.2018	34	340,69
14.02.2018	36	802,27
14.02.2018	38	715,92
14.02.2018	40	65 312,00
14.02.2018	42	24 806,00
14.02.2018	44	626,43
14.02.2018	46	94,20
14.02.2018	48	21,98
14.02.2018	50	372,09
14.02.2018	52	778,72
14.02.2018	54	938,86
14.02.2018	56	631,14
14.02.2018	58	188,40

14.02.2018	56	345,40
14.02.2018	58	502,40
14.02.2018	60	125,60
14.02.2018	62	612,30
14.02.2018	64	518,10
14.02.2018	66	737,90
14.02.2018	68	455,30
13.03.2018	8	1 852,60
13.03.2018	10	643,70
13.03.2018	12	2 826,00
13.03.2018	14	502,40
13.03.2018	16	177,41
13.03.2018	18	408,20
13.03.2018	20	94,20
13.03.2018	22	114,61
13.03.2018	24	298,30
13.03.2018	26	698,65
13.03.2018	28	2 041,00
13.03.2018	30	219,80
13.03.2018	32	255,91
13.03.2018	34	301,44
13.03.2018	36	18,37
13.03.2018	38	973,40
13.03.2018	40	7 065,00
13.03.2018	42	288,88
13.03.2018	44	376,80
13.03.2018	46	216,66
13.03.2018	48	227,65
13.03.2018	50	329,70
13.03.2018	52	800,70
13.03.2018	54	207,24
13.03.2018	56	383,08
13.03.2018	58	237,07
13.03.2018	60	265,33
13.03.2018	62	295,16
13.03.2018	64	314,00
13.03.2018	66	229,22
07.05.2018	8	64,68
07.05.2018	10	146,01
07.05.2018	12	175,84
07.05.2018	14	419,19
07.05.2018	16	196,25
07.05.2018	18	9 184,50
07.05.2018	20	3 972,10
07.05.2018	22	6 892,30

05.06.2018	28	106,45
05.06.2018	30	93,89
05.06.2018	32	16,64
05.06.2018	34	32,03
05.06.2018	36	90,43
05.06.2018	38	143,97
05.06.2018	40	69,39
05.06.2018	42	79,76
05.06.2018	44	144,91
05.06.2018	46	318,71
05.06.2018	48	216,66
05.06.2018	50	116,49
02.07.2018	0	39 878,00
02.07.2018	2	38,94
02.07.2018	4	863,50
02.07.2018	6	271,61
02.07.2018	8	66,25
02.07.2018	10	401,92
02.07.2018	12	419,19
02.07.2018	14	241,78
02.07.2018	16	99,85
02.07.2018	18	1 144,53
02.07.2018	20	1 006,37
02.07.2018	22	430,18
02.07.2018	24	1 805,50
02.07.2018	26	1 229,31
02.07.2018	28	954,56
02.07.2018	30	649,98
02.07.2018	32	591,89
02.07.2018	34	200,96
02.07.2018	36	668,82
02.07.2018	38	4 474,50
02.07.2018	40	924,73
02.07.2018	42	701,79
02.07.2018	44	805,41
02.07.2018	46	1 007,94
02.07.2018	48	1 420,85
02.07.2018	50	423,90
30.07.2018	0	130,62
30.07.2018	2	126,54
30.07.2018	4	41,29
30.07.2018	6	100,17
30.07.2018	8	96,56
30.07.2018	10	113,04
30.07.2018	12	66,73

14.02.2018	60	160,14
13.03.2018	0	65,94
13.03.2018	2	59,66
13.03.2018	4	188,40
13.03.2018	6	61 230,00
13.03.2018	8	28 260,00
13.03.2018	10	675,10
13.03.2018	12	1 224,60
13.03.2018	14	106,76
13.03.2018	16	114,61
13.03.2018	18	502,40
13.03.2018	20	17 427,00
13.03.2018	22	18 840,00
13.03.2018	24	125 600,00
13.03.2018	26	40 820,00
13.03.2018	28	17 270,00
13.03.2018	30	1 015,79
13.03.2018	32	989,10
13.03.2018	34	76,93
13.03.2018	36	1 051,90
13.03.2018	38	439,60
13.03.2018	40	5 181,00
13.03.2018	42	72,69
13.03.2018	44	102,68
13.03.2018	46	87,92
13.03.2018	48	40,82
13.03.2018	50	86,35
13.03.2018	52	353,25
13.03.2018	54	26,38
13.03.2018	56	28,26
13.03.2018	58	116,18
13.03.2018	60	95,77
13.03.2018	62	210,38
07.05.2018	0	395,64
07.05.2018	2	43 175,00
07.05.2018	4	42 861,00
07.05.2018	6	127 013,00
07.05.2018	8	89 490,00
07.05.2018	10	27 161,00
07.05.2018	12	1 017,36
07.05.2018	14	19 311,00
07.05.2018	16	129,84
07.05.2018	18	620,15
07.05.2018	20	3 705,20
07.05.2018	22	59 032,00

07.05.2018	24	57,62
07.05.2018	26	379,94
07.05.2018	28	252,77
07.05.2018	30	271,61
07.05.2018	32	75,52
07.05.2018	34	4 772,80
07.05.2018	36	3 187,10
07.05.2018	38	916,88
07.05.2018	40	3 077,20
07.05.2018	42	1 348,63
07.05.2018	44	3 140,00
07.05.2018	46	3 140,00
07.05.2018	48	224,51
07.05.2018	50	1 758,40
07.05.2018	52	18 683,00
07.05.2018	54	18 212,00
07.05.2018	56	321,85
07.05.2018	58	67,67
07.05.2018	60	310,86
07.05.2018	62	292,02
07.05.2018	64	164,85
07.05.2018	66	177,41
07.05.2018	68	379,94
05.06.2018	0	24,02
05.06.2018	2	26,85
05.06.2018	4	16,64
05.06.2018	6	70,34
05.06.2018	8	101,42
05.06.2018	10	85,72
05.06.2018	12	284,17
05.06.2018	14	372,09
05.06.2018	16	101,74
05.06.2018	18	172,70
05.06.2018	20	496,12
05.06.2018	22	354,82
05.06.2018	24	193,11
05.06.2018	26	687,66
05.06.2018	28	139,73
05.06.2018	30	115,71
05.06.2018	32	348,54
05.06.2018	34	409,77
05.06.2018	36	295,16
05.06.2018	38	48,04
05.06.2018	40	44,90
05.06.2018	42	35,80

30.07.2018	14	114,30
30.07.2018	16	263,76
30.07.2018	18	79,44
30.07.2018	20	51,34
30.07.2018	22	111,16
30.07.2018	24	310,86
30.07.2018	26	113,67
30.07.2018	28	193,11
30.07.2018	30	164,85
30.07.2018	32	63,59
30.07.2018	34	40,82
30.07.2018	36	79,60
30.07.2018	38	489,84
30.07.2018	40	232,36
30.07.2018	42	354,82
30.07.2018	44	114,30
30.07.2018	46	372,09
30.07.2018	48	233,93
30.07.2018	50	96,08
07.08.2018	0	42,08
07.08.2018	2	33,60
07.08.2018	4	637,42
07.08.2018	6	4 427,40
07.08.2018	8	232,36
07.08.2018	10	339,12
07.08.2018	12	301,44
07.08.2018	14	38,47
07.08.2018	16	551,07
07.08.2018	18	1 348,63
07.08.2018	20	100,79
07.08.2018	22	110,84
07.08.2018	24	1 518,19
07.08.2018	26	178,98
07.08.2018	28	1 232,45
07.08.2018	30	606,02
07.08.2018	32	94,67
07.08.2018	34	52,44
07.08.2018	36	857,22
07.08.2018	38	590,32
07.08.2018	40	222,94
07.08.2018	42	285,74
07.08.2018	44	138,79
07.08.2018	46	345,40
07.08.2018	48	846,23
07.08.2018	50	472,57

07.05.2018	24	117 436,00
07.05.2018	26	486,70
07.05.2018	28	87,76
07.05.2018	30	216,66
07.05.2018	32	292,02
07.05.2018	34	171,13
07.05.2018	36	3 579,60
07.05.2018	38	375,23
07.05.2018	40	69,39
07.05.2018	42	2 056,70
07.05.2018	44	1 091,15
07.05.2018	46	92,94
07.05.2018	48	204,10
07.05.2018	50	353,25
07.05.2018	52	502,40
07.05.2018	54	2 276,50
07.05.2018	56	232,36
07.05.2018	58	35,64
07.05.2018	60	67,20
07.05.2018	62	1 617,10
05.06.2018	0	122 146,00
05.06.2018	2	21,82
05.06.2018	4	132 351,00
05.06.2018	6	35 011,00
05.06.2018	8	42 861,00
05.06.2018	10	1 309,38
05.06.2018	12	1 354,91
05.06.2018	14	99,22
05.06.2018	16	70,81
05.06.2018	18	901,18
05.06.2018	20	180,55
05.06.2018	22	866,64
05.06.2018	24	194,68
05.06.2018	26	104,88
05.06.2018	28	57,78
05.06.2018	30	197,82
05.06.2018	32	98,91
05.06.2018	34	29,67
05.06.2018	36	67,04
05.06.2018	38	29,52
05.06.2018	40	90,75
05.06.2018	42	138,95
05.06.2018	44	94,99
05.06.2018	46	123,40
05.06.2018	48	890,19

05.06.2018	44	137,22
05.06.2018	46	188,40
05.06.2018	48	151,35
05.06.2018	50	453,73
05.06.2018	52	401,92
05.06.2018	54	98,44
05.06.2018	56	155,43
05.06.2018	58	54,01
05.06.2018	60	45,37
05.06.2018	62	61,07
05.06.2018	64	136,28
05.06.2018	66	158,57
05.06.2018	68	450,59
02.07.2018	0	56,99
02.07.2018	2	52,60
02.07.2018	4	27,95
02.07.2018	6	63,27
02.07.2018	8	378,37
02.07.2018	10	46,00
02.07.2018	12	248,06
02.07.2018	14	643,70
02.07.2018	16	1 648,50
02.07.2018	18	1 551,16
02.07.2018	20	342,26
02.07.2018	22	7 159,20
02.07.2018	24	1 931,10
02.07.2018	26	379,94
02.07.2018	28	596,60
02.07.2018	30	191,54
02.07.2018	32	546,36
02.07.2018	34	215,09
02.07.2018	36	778,72
02.07.2018	38	4 427,40
02.07.2018	40	747,32
02.07.2018	42	74,73
02.07.2018	44	222,94
02.07.2018	46	868,21
02.07.2018	48	795,99
02.07.2018	50	1 125,69
02.07.2018	52	1 084,87
02.07.2018	54	938,86
02.07.2018	56	423,90
02.07.2018	58	489,84
02.07.2018	60	207,24
02.07.2018	62	612,30

28.08.2018	0	146,95
28.08.2018	2	71,12
28.08.2018	4	207,24
28.08.2018	6	86,04
28.08.2018	8	1 237,16
28.08.2018	10	1 169,65
28.08.2018	12	1 299,96
28.08.2018	14	2 386,40
28.08.2018	16	1 483,65
28.08.2018	18	918,45
28.08.2018	20	81 954,00
28.08.2018	22	13 611,90
28.08.2018	24	185,26
28.08.2018	26	24 178,00
28.08.2018	28	2 119,50
28.08.2018	30	1 353,34
28.08.2018	32	3 030,10
28.08.2018	34	307,72
28.08.2018	36	2 009,60
28.08.2018	38	383,08
28.08.2018	40	1 310,95
14.09.2018	0	37,37
14.09.2018	2	146,32
14.09.2018	4	67,82
14.09.2018	6	571,48
14.09.2018	8	105,66
14.09.2018	10	121,68
14.09.2018	12	154,65
14.09.2018	14	53,07
14.09.2018	16	287,31
14.09.2018	18	224,51
14.09.2018	20	160,14
14.09.2018	22	98,28
14.09.2018	24	177 410,00
14.09.2018	26	1 389,45
14.09.2018	28	266,90
14.09.2018	30	5 306,60
14.09.2018	32	63,74
14.09.2018	34	101,27
14.09.2018	36	96,08
14.09.2018	38	1 559,01
14.09.2018	40	802,27
14.09.2018	42	3 626,70
14.09.2018	44	254,34
14.09.2018	46	698,65

05.06.2018	50	54,01
05.06.2018	52	29,20
05.06.2018	54	110,21
05.06.2018	56	51,97
05.06.2018	58	60,45
05.06.2018	60	1 131,97
05.06.2018	62	73,01
02.07.2018	0	370,52
02.07.2018	2	483,56
02.07.2018	4	2 260,80
02.07.2018	6	4 113,40
02.07.2018	8	5 887,50
02.07.2018	10	9 812,50
02.07.2018	12	1 318,80
02.07.2018	14	337,55
02.07.2018	16	1 460,10
02.07.2018	18	2 229,40
02.07.2018	20	354,82
02.07.2018	22	1 471,09
02.07.2018	24	2 135,20
02.07.2018	26	1 285,83
02.07.2018	28	477,28
02.07.2018	30	1 852,60
02.07.2018	32	923,16
02.07.2018	34	450,59
02.07.2018	36	956,13
02.07.2018	38	324,99
02.07.2018	40	499,26
02.07.2018	42	588,75
02.07.2018	44	536,94
02.07.2018	46	907,46
02.07.2018	48	956,13
02.07.2018	50	472,57
02.07.2018	52	433,32
02.07.2018	54	218,23
02.07.2018	56	177,41
02.07.2018	58	51,50
02.07.2018	60	1 774,10
02.07.2018	62	744,18
30.07.2018	0	2 888,80
30.07.2018	2	80 855,00
30.07.2018	4	19 625,00
30.07.2018	6	27 004,00
30.07.2018	8	9 153,10
30.07.2018	10	1 072,31

02.07.2018	64	1 196,34
02.07.2018	66	1 648,50
02.07.2018	68	1 915,40
30.07.2018	0	196,25
30.07.2018	2	113,04
30.07.2018	4	40,82
30.07.2018	6	76,77
30.07.2018	8	160,14
30.07.2018	10	434,89
30.07.2018	12	514,96
30.07.2018	14	1 182,21
30.07.2018	16	678,24
30.07.2018	18	1 158,66
30.07.2018	20	789,71
30.07.2018	22	968,69
30.07.2018	24	1 632,80
30.07.2018	26	3 438,30
30.07.2018	28	1 039,34
30.07.2018	30	350,11
30.07.2018	32	527,52
30.07.2018	34	1 978,20
30.07.2018	36	1 758,40
30.07.2018	38	1 727,00
30.07.2018	40	1 226,17
30.07.2018	42	381,51
30.07.2018	44	122,93
30.07.2018	46	591,89
30.07.2018	48	1 664,20
30.07.2018	50	2 276,50
30.07.2018	52	1 497,78
30.07.2018	54	1 367,47
30.07.2018	56	1 131,97
30.07.2018	58	1 149,24
30.07.2018	60	1 266,99
30.07.2018	62	1 453,82
30.07.2018	64	979,68
30.07.2018	66	3 642,40
30.07.2018	68	1 353,34
07.08.2018	0	16,96
07.08.2018	2	15,70
07.08.2018	4	16,01
07.08.2018	6	27,00
07.08.2018	8	36,11
07.08.2018	10	64,37
07.08.2018	12	71,75

14.09.2018	48	1 274,84
14.09.2018	50	160,14
04.10.2018	0	434,89
04.10.2018	2	155,12
04.10.2018	4	32,19
04.10.2018	6	25,12
04.10.2018	8	101,11
04.10.2018	10	80,70
04.10.2018	12	116,97
04.10.2018	14	54,64
04.10.2018	16	1 136,68
04.10.2018	18	739,47
04.10.2018	20	18 369,00
04.10.2018	22	38 465,00
04.10.2018	24	36 424,00
04.10.2018	26	22 765,00
04.10.2018	28	10 534,70
04.10.2018	30	101 579,00
04.10.2018	32	805,41
04.10.2018	34	37,37
04.10.2018	36	163,28
04.10.2018	38	1 263,85
04.10.2018	40	433,32
04.10.2018	42	216,66
04.10.2018	44	186,83
04.10.2018	46	678,24
04.10.2018	48	791,28
04.10.2018	50	373,66
23.11.2018	0	200,96
23.11.2018	2	376,80
23.11.2018	4	422,33
23.11.2018	6	384,65
23.11.2018	8	306,15
23.11.2018	10	205,67
23.11.2018	12	56,52
23.11.2018	14	11 178,40
23.11.2018	16	697,08
23.11.2018	18	315,57
23.11.2018	20	110,21
23.11.2018	22	598,17
23.11.2018	24	328,13
23.11.2018	26	1 149,24
23.11.2018	28	3 375,50
23.11.2018	30	2 543,40
23.11.2018	32	99,38

30.07.2018	12	3 454,00
30.07.2018	14	11 304,00
30.07.2018	16	2 998,70
30.07.2018	18	2 370,70
30.07.2018	20	1 758,40
30.07.2018	22	8 368,10
30.07.2018	24	276 320,00
30.07.2018	26	7 410,40
30.07.2018	28	1 648,50
30.07.2018	30	5 934,60
30.07.2018	32	2 166,60
30.07.2018	34	1 474,23
30.07.2018	36	3 736,60
30.07.2018	38	565,20
30.07.2018	40	193,11
30.07.2018	42	1 389,45
30.07.2018	44	926,30
30.07.2018	46	2 072,40
30.07.2018	48	1 281,12
30.07.2018	50	2 260,80
30.07.2018	52	1 946,80
30.07.2018	54	500,83
30.07.2018	56	20 253,00
30.07.2018	58	3 249,90
30.07.2018	60	2 355,00
30.07.2018	62	1 648,50
07.08.2018	0	222,94
07.08.2018	2	552,64
07.08.2018	4	11 335,40
07.08.2018	6	41 134,00
07.08.2018	8	18 055,00
07.08.2018	10	471,00
07.08.2018	12	271,61
07.08.2018	14	224,51
07.08.2018	16	138,63
07.08.2018	18	708,07
07.08.2018	20	1 444,40
07.08.2018	22	92 944,00
07.08.2018	24	979,68
07.08.2018	26	255,91
07.08.2018	28	109,43
07.08.2018	30	1 108,42
07.08.2018	32	3 155,70
07.08.2018	34	144,91
07.08.2018	36	2 103,80

07.08.2018	14	320,28
07.08.2018	16	161,71
07.08.2018	18	384,65
07.08.2018	20	270,04
07.08.2018	22	593,46
07.08.2018	24	458,44
07.08.2018	26	1 124,12
07.08.2018	28	547,93
07.08.2018	30	527,52
07.08.2018	32	477,28
07.08.2018	34	386,22
07.08.2018	36	303,01
07.08.2018	38	354,82
07.08.2018	40	274,75
07.08.2018	42	643,70
07.08.2018	44	54,79
07.08.2018	46	497,69
07.08.2018	48	2 512,00
07.08.2018	50	430,18
07.08.2018	52	489,84
07.08.2018	54	292,02
07.08.2018	56	202,53
07.08.2018	58	323,42
07.08.2018	60	197,82
07.08.2018	62	334,41
07.08.2018	64	68,30
07.08.2018	66	720,63
07.08.2018	68	271,61
14.09.2018	0	17,27
14.09.2018	2	16,01
14.09.2018	4	4,08
14.09.2018	6	54,32
14.09.2018	8	52,91
14.09.2018	10	60,45
14.09.2018	12	160,14
14.09.2018	14	295,16
14.09.2018	16	72,38
14.09.2018	18	18 369,00
14.09.2018	20	2 009,60
14.09.2018	22	3 925,00
14.09.2018	24	9 451,40
14.09.2018	26	1 180,64
14.09.2018	28	562,06
14.09.2018	30	3 265,60
14.09.2018	32	4 082,00

23.11.2018	34	747,32
23.11.2018	36	483,56
23.11.2018	38	1 315,66
23.11.2018	40	3 045,80
23.11.2018	42	15 433,10
23.11.2018	44	2 025,30
23.11.2018	46	673,53
23.11.2018	48	843,09
23.11.2018	50	2 543,40
04.12.2018	0	723,77
04.12.2018	2	21,20
04.12.2018	4	56,21
04.12.2018	6	544,79
04.12.2018	8	1 467,95
04.12.2018	10	370,52
04.12.2018	12	725,34
04.12.2018	14	124,97
04.12.2018	16	723,77
04.12.2018	18	4 317,50
04.12.2018	20	711,21
04.12.2018	22	472,57
04.12.2018	24	2 967,30
04.12.2018	26	9 498,50
04.12.2018	28	1 899,70
04.12.2018	30	10 691,70
04.12.2018	32	4 458,80
04.12.2018	34	1 402,01
04.12.2018	36	1 836,90
04.12.2018	38	7 708,70
04.12.2018	40	8 823,40
04.12.2018	42	3 359,80
04.12.2018	44	2 543,40
04.12.2018	46	1 774,10
04.12.2018	48	1 978,20
04.12.2018	50	962,41
10.01.2019	0	73,16
10.01.2019	2	38,47
10.01.2019	4	71,75
10.01.2019	6	44,43
10.01.2019	8	95,61
10.01.2019	10	46,16
10.01.2019	12	42,23
10.01.2019	14	28,57
10.01.2019	16	951,42
10.01.2019	18	164,85

07.08.2018	38	494,55
07.08.2018	40	53,69
07.08.2018	42	1 321,94
07.08.2018	44	447,45
07.08.2018	46	193,11
07.08.2018	48	274,75
07.08.2018	50	92,00
07.08.2018	52	126,86
07.08.2018	54	160,14
07.08.2018	56	177,41
07.08.2018	58	678,24
07.08.2018	60	447,45
07.08.2018	62	290,45
14.09.2018	0	241,78
14.09.2018	2	4 191,90
14.09.2018	4	193 110,00
14.09.2018	6	761 450,00
14.09.2018	8	7 536,00
14.09.2018	10	197,82
14.09.2018	12	598,17
14.09.2018	14	90,75
14.09.2018	16	59,03
14.09.2018	18	240,21
14.09.2018	20	202,53
14.09.2018	22	1 632,80
14.09.2018	24	602,88
14.09.2018	26	514,96
14.09.2018	28	7 520,30
14.09.2018	30	4 914,10
14.09.2018	32	7 959,90
14.09.2018	34	722,20
14.09.2018	36	61 701,00
14.09.2018	38	53,07
14.09.2018	40	183,69
14.09.2018	42	10 095,10
14.09.2018	44	276,32
14.09.2018	46	324,99
14.09.2018	48	1 679,90
14.09.2018	50	249,63
14.09.2018	52	99,22
14.09.2018	54	16,17
14.09.2018	56	169,56
14.09.2018	58	301,44
14.09.2018	60	419,19
14.09.2018	62	1 153,95

14.09.2018	34	9 608,40
14.09.2018	36	439,60
14.09.2018	38	326,56
14.09.2018	40	204,10
14.09.2018	42	186,83
14.09.2018	44	34,38
14.09.2018	46	182,12
14.09.2018	48	265,33
14.09.2018	50	5 181,00
14.09.2018	52	164 850,00
14.09.2018	54	2 920,20
14.09.2018	56	326,56
14.09.2018	58	163,28
14.09.2018	60	2 402,10
14.09.2018	62	172,70
14.09.2018	64	306,15
14.09.2018	66	2 009,60
14.09.2018	68	588,75
04.10.2018	0	9,11
04.10.2018	2	45,06
04.10.2018	4	9,58
04.10.2018	6	24,49
04.10.2018	8	100,48
04.10.2018	10	49,14
04.10.2018	12	123,09
04.10.2018	14	427,04
04.10.2018	16	166,42
04.10.2018	18	60 131,00
04.10.2018	20	22 137,00
04.10.2018	22	836,81
04.10.2018	24	5 997,40
04.10.2018	26	2 935,90
04.10.2018	28	92 944,00
04.10.2018	30	16 799,00
04.10.2018	32	6 044,50
04.10.2018	34	135 177,00
04.10.2018	36	9 529,90
04.10.2018	38	373,66
04.10.2018	40	197,82
04.10.2018	42	226,08
04.10.2018	44	31,87
04.10.2018	46	202,53
04.10.2018	48	519,67
04.10.2018	50	16 014,00
04.10.2018	52	35 011,00

10.01.2019	20	98 596,00
10.01.2019	22	25,91
10.01.2019	24	687,66
10.01.2019	26	178,98
10.01.2019	28	1 006,37
10.01.2019	30	742,61
10.01.2019	32	89,80
10.01.2019	34	99,54
10.01.2019	36	279,46
10.01.2019	38	948,28
10.01.2019	40	590,32
10.01.2019	42	177,41
10.01.2019	44	132,04
10.01.2019	46	95,61
10.01.2019	48	107,86
10.01.2019	50	53,69
07.02.2019	0	67,04
07.02.2019	2	1 197,91
07.02.2019	4	390,93
07.02.2019	6	241,78
07.02.2019	8	21,67
07.02.2019	10	78,81
07.02.2019	12	18,21
07.02.2019	14	3 532,50
07.02.2019	16	1 742,70
07.02.2019	18	670,39
07.02.2019	20	7 363,30
07.02.2019	22	544,79
07.02.2019	24	3 516,80
07.02.2019	26	524,38
07.02.2019	28	254,34
07.02.2019	30	309,29
07.02.2019	32	182,12
07.02.2019	34	77,72
07.02.2019	36	224,51
07.02.2019	38	987,53
07.02.2019	40	405,06
07.02.2019	42	843,09
07.02.2019	44	172,70
07.02.2019	46	226,08
07.02.2019	48	562,06
07.02.2019	50	227,65
05.03.2019	0	49,61
05.03.2019	2	34,38
05.03.2019	4	53,38

04.10.2018	0	2 088,10
04.10.2018	2	10 503,30
04.10.2018	4	232 360,00
04.10.2018	6	390 930,00
04.10.2018	8	118 535,00
04.10.2018	10	1 821,20
04.10.2018	12	1 519,76
04.10.2018	14	1 199,48
04.10.2018	16	604,45
04.10.2018	18	364,24
04.10.2018	20	3 030,10
04.10.2018	22	133 764,00
04.10.2018	24	2 417,80
04.10.2018	26	191 540,00
04.10.2018	28	9 686,90
04.10.2018	30	13 219,40
04.10.2018	32	3 611,00
04.10.2018	34	75,83
04.10.2018	36	2 009,60
04.10.2018	38	593,46
04.10.2018	40	331,27
04.10.2018	42	18 683,00
04.10.2018	44	1 348,63
04.10.2018	46	350,11
04.10.2018	48	734,76
04.10.2018	50	996,95
04.10.2018	52	701,79
04.10.2018	54	2 260,80
04.10.2018	56	1 601,40
04.10.2018	58	5 118,20
04.10.2018	60	2 088,10
04.10.2018	62	874,49
23.11.2018	0	16 485,00
23.11.2018	2	71 121,00
23.11.2018	4	36 895,00
23.11.2018	6	30 615,00
23.11.2018	8	69 865,00
23.11.2018	10	949,85
23.11.2018	12	219,80
23.11.2018	14	976,54
23.11.2018	16	233,93
23.11.2018	18	304,58
23.11.2018	20	12 779,80
23.11.2018	22	885,48
23.11.2018	24	5 510,70

04.10.2018	54	254,34
04.10.2018	56	323,42
04.10.2018	58	241,78
04.10.2018	60	824,25
04.10.2018	62	1 742,70
04.10.2018	64	16 014,00
04.10.2018	66	17 584,00
04.10.2018	68	2 119,50
23.11.2018	0	51,50
23.11.2018	2	51,18
23.11.2018	4	23,08
23.11.2018	6	81,64
23.11.2018	8	54,64
23.11.2018	10	98,13
23.11.2018	12	92,94
23.11.2018	14	204,10
23.11.2018	16	164,85
23.11.2018	18	1 365,90
23.11.2018	20	276,32
23.11.2018	22	1 884,00
23.11.2018	24	37 680,00
23.11.2018	26	53 537,00
23.11.2018	28	34 540,00
23.11.2018	30	2 904,50
23.11.2018	32	306,15
23.11.2018	34	2 716,10
23.11.2018	36	659,40
23.11.2018	38	24 806,00
23.11.2018	40	23 550,00
23.11.2018	42	1 648,50
23.11.2018	44	169,56
23.11.2018	46	304,58
23.11.2018	48	789,71
23.11.2018	50	76 302,00
23.11.2018	52	22 765,00
23.11.2018	54	5 589,20
23.11.2018	56	996,95
23.11.2018	58	1 617,10
23.11.2018	60	1 601,40
23.11.2018	62	5 306,60
23.11.2018	64	706,50
23.11.2018	66	42 390,00
23.11.2018	68	27 318,00
04.12.2018	0	16,96
04.12.2018	2	65,47

05.03.2019	6	60,29
05.03.2019	8	516,53
05.03.2019	10	43,65
05.03.2019	12	55,58
05.03.2019	14	56,68
05.03.2019	16	99,22
05.03.2019	18	175,84
05.03.2019	20	161,71
05.03.2019	22	111,47
05.03.2019	24	171,13
05.03.2019	26	116,02
05.03.2019	28	118,38
05.03.2019	30	54,01
05.03.2019	32	143,50
05.03.2019	34	45,69
05.03.2019	36	166,42
05.03.2019	38	334,41
05.03.2019	40	293,59
05.03.2019	42	92,47
05.03.2019	44	132,04
05.03.2019	46	130,15
05.03.2019	48	82,27
05.03.2019	50	91,37
02.04.2019	0	22,14
02.04.2019	2	29,20
02.04.2019	4	82,43
02.04.2019	6	472,57
02.04.2019	8	50,55
02.04.2019	10	24,49
02.04.2019	12	69,24
02.04.2019	14	83,68
02.04.2019	16	30,46
02.04.2019	18	110,84
02.04.2019	20	62,49
02.04.2019	22	60,29
02.04.2019	24	1 031,49
02.04.2019	26	112,88
02.04.2019	28	5 573,50
02.04.2019	30	1 931,10
02.04.2019	32	233,93
02.04.2019	34	207,24
02.04.2019	36	193,11
02.04.2019	38	949,85
02.04.2019	40	1 284,26
02.04.2019	42	430,18

23.11.2018	26	5 243,80
23.11.2018	28	6 766,70
23.11.2018	30	5 086,80
23.11.2018	32	1 073,88
23.11.2018	34	161,71
23.11.2018	36	411,34
23.11.2018	38	219,80
23.11.2018	40	1 450,68
23.11.2018	42	233 930,00
23.11.2018	44	13 454,90
23.11.2018	46	703,36
23.11.2018	48	2 355,00
23.11.2018	50	84,47
23.11.2018	52	243,35
23.11.2018	54	1 899,70
23.11.2018	56	769,30
23.11.2018	58	654,69
23.11.2018	60	423,90
23.11.2018	62	1 102,14
04.12.2018	0	1 805,50
04.12.2018	2	6 484,10
04.12.2018	4	398 780,00
04.12.2018	6	189 970,00
04.12.2018	8	607 590,00
04.12.2018	10	3 783,70
04.12.2018	12	99 538,00
04.12.2018	14	1 617,10
04.12.2018	16	4 600,10
04.12.2018	18	3 642,40
04.12.2018	20	77 401,00
04.12.2018	22	56 206,00
04.12.2018	24	1 993,90
04.12.2018	26	4 631,50
04.12.2018	28	9 859,60
04.12.2018	30	3 108,60
04.12.2018	32	8 729,20
04.12.2018	34	6 311,40
04.12.2018	36	460,01
04.12.2018	38	949,85
04.12.2018	40	3 014,40
04.12.2018	42	1 243 440,00
04.12.2018	44	2 056,70
04.12.2018	46	2 810,30
04.12.2018	48	4 176,20
04.12.2018	50	2 527,70

04.12.2018	4	61,54
04.12.2018	6	232,36
04.12.2018	8	158,57
04.12.2018	10	353,25
04.12.2018	12	514,96
04.12.2018	14	161,71
04.12.2018	16	544,79
04.12.2018	18	2 496,30
04.12.2018	20	821,11
04.12.2018	22	6 185,80
04.12.2018	24	41 448,00
04.12.2018	26	6 374,20
04.12.2018	28	5 259,50
04.12.2018	30	50 711,00
04.12.2018	32	2 339,30
04.12.2018	34	35 011,00
04.12.2018	36	1 852,60
04.12.2018	38	6 955,10
04.12.2018	40	4 961,20
04.12.2018	42	343,83
04.12.2018	44	441,17
04.12.2018	46	1 383,17
04.12.2018	48	2 621,90
04.12.2018	50	183 690,00
04.12.2018	52	3 611,00
04.12.2018	54	10 032,30
04.12.2018	56	2 072,40
04.12.2018	58	2 480,60
04.12.2018	60	1 868,30
04.12.2018	62	1 450,68
04.12.2018	64	723,77
04.12.2018	66	824,25
04.12.2018	68	1 742,70
10.01.2019	0	8,32
10.01.2019	2	4,24
10.01.2019	4	7,54
10.01.2019	6	66,41
10.01.2019	8	41,92
10.01.2019	10	43,49
10.01.2019	12	98,13
10.01.2019	14	362,67
10.01.2019	16	125,13
10.01.2019	18	869,78
10.01.2019	20	430,18
10.01.2019	22	3 485,40

02.04.2019	44	3 422,60
02.04.2019	46	46 001,00
02.04.2019	48	623,29
02.04.2019	50	81,01
27.05.2019	0	102,21
27.05.2019	2	108,02
27.05.2019	4	41,13
27.05.2019	6	27,63
27.05.2019	8	28,57
27.05.2019	10	85,57
27.05.2019	12	21,51
27.05.2019	14	24,96
27.05.2019	16	90,59
27.05.2019	18	21,04
27.05.2019	20	4 490,20
27.05.2019	22	54,17
27.05.2019	24	1 020,50
27.05.2019	26	259,05
27.05.2019	28	521,24
27.05.2019	30	44,12
27.05.2019	32	662,54
27.05.2019	34	100,01
27.05.2019	36	279,46
27.05.2019	38	632,71
27.05.2019	40	400,35
27.05.2019	42	1 397,30
27.05.2019	44	277,89
27.05.2019	46	186,83
27.05.2019	48	96,56
27.05.2019	50	238,64
10.06.2019	0	60,76
10.06.2019	2	51,18
10.06.2019	4	163,28
10.06.2019	6	185,26
10.06.2019	8	38,94
10.06.2019	10	34,07
10.06.2019	12	44,27
10.06.2019	14	115,87
10.06.2019	16	1 147,67
10.06.2019	18	748,89
10.06.2019	20	3 548,20
10.06.2019	22	188,40
10.06.2019	24	529,09
10.06.2019	26	458,44
10.06.2019	28	329,70

04.12.2018	52	5 369,40
04.12.2018	54	25 591,00
04.12.2018	56	1 290,54
04.12.2018	58	951,42
04.12.2018	60	11 947,70
04.12.2018	62	2 402,10
10.01.2019	0	147,89
10.01.2019	2	717,49
10.01.2019	4	518 100,00
10.01.2019	6	35 011,00
10.01.2019	8	10 785,90
10.01.2019	10	1 884,00
10.01.2019	12	238,64
10.01.2019	14	1 632,80
10.01.2019	16	938,86
10.01.2019	18	3 218,50
10.01.2019	20	17 584,00
10.01.2019	22	25 748,00
10.01.2019	24	2 135,20
10.01.2019	26	4 176,20
10.01.2019	28	186,83
10.01.2019	30	222,94
10.01.2019	32	533,80
10.01.2019	34	53,07
10.01.2019	36	303,01
10.01.2019	38	55,89
10.01.2019	40	1 727,00
10.01.2019	42	3 940,70
10.01.2019	44	596,60
10.01.2019	46	205,67
10.01.2019	48	48,20
10.01.2019	50	86,19
10.01.2019	52	78,81
10.01.2019	54	103,78
10.01.2019	56	4 788,50
10.01.2019	58	2 590,50
10.01.2019	60	445,88
10.01.2019	62	1 260,71
07.02.2019	0	444,31
07.02.2019	2	3 234,20
07.02.2019	4	35 953,00
07.02.2019	6	417 620,00
07.02.2019	8	19 468,00
07.02.2019	10	226,08
07.02.2019	12	431,75

10.01.2019	24	10 424,80
10.01.2019	26	2 574,80
10.01.2019	28	11 633,70
10.01.2019	30	703,36
10.01.2019	32	70,49
10.01.2019	34	163,28
10.01.2019	36	126,70
10.01.2019	38	3 297,00
10.01.2019	40	14 459,70
10.01.2019	42	2 826,00
10.01.2019	44	390,93
10.01.2019	46	695,51
10.01.2019	48	514,96
10.01.2019	50	16 485,00
10.01.2019	52	10 487,60
10.01.2019	54	414,48
10.01.2019	56	1 515,05
10.01.2019	58	320,28
10.01.2019	60	759,88
10.01.2019	62	5 997,40
10.01.2019	64	533,80
10.01.2019	66	1 309,38
10.01.2019	68	645,27
07.02.2019	0	118,85
07.02.2019	2	18,84
07.02.2019	4	35,17
07.02.2019	6	35,80
07.02.2019	8	21,20
07.02.2019	10	62,49
07.02.2019	12	109,12
07.02.2019	14	219,80
07.02.2019	16	75,36
07.02.2019	18	2 433,50
07.02.2019	20	392,50
07.02.2019	22	5 212,40
07.02.2019	24	9 247,30
07.02.2019	26	8 744,90
07.02.2019	28	861,93
07.02.2019	30	2 951,60
07.02.2019	32	5 777,60
07.02.2019	34	57 148,00
07.02.2019	36	1 502,49
07.02.2019	38	2 103,80
07.02.2019	40	28 260,00
07.02.2019	42	3 454,00

10.06.2019	30	775,58
10.06.2019	32	2 056,70
10.06.2019	34	27,00
10.06.2019	36	430,18
10.06.2019	38	511,82
10.06.2019	40	739,47
10.06.2019	42	431,75
10.06.2019	44	1 648,50
10.06.2019	46	1 229,31
10.06.2019	48	87,29
10.06.2019	50	41,61
02.07.2019	0	211,95
02.07.2019	2	16,49
02.07.2019	4	5,02
02.07.2019	6	502,40
02.07.2019	8	86,19
02.07.2019	10	79,76
02.07.2019	12	115,08
02.07.2019	14	47,41
02.07.2019	16	460,01
02.07.2019	18	182,12
02.07.2019	20	513,39
02.07.2019	22	230,79
02.07.2019	24	2 857,40
02.07.2019	26	111,16
02.07.2019	28	164,85
02.07.2019	30	127,96
02.07.2019	32	46,63
02.07.2019	34	172,70
02.07.2019	36	33 284,00
02.07.2019	38	695,51
02.07.2019	40	1 215,18
02.07.2019	42	872,92
02.07.2019	44	1 417,71
02.07.2019	46	1 336,07
02.07.2019	48	255,91
02.07.2019	50	120,11
29.08.2019	0	61,70
29.08.2019	2	41,45
29.08.2019	4	16,49
29.08.2019	6	121,83
29.08.2019	8	82,90
29.08.2019	10	19,00
29.08.2019	12	108,80
29.08.2019	14	75,99

07.02.2019	14	1 537,03
07.02.2019	16	1 017,36
07.02.2019	18	164,85
07.02.2019	20	10 157,90
07.02.2019	22	8 038,40
07.02.2019	24	1 836,90
07.02.2019	26	1 276,41
07.02.2019	28	474,14
07.02.2019	30	2 967,30
07.02.2019	32	1 486,79
07.02.2019	34	83,21
07.02.2019	36	1 632,80
07.02.2019	38	263 760,00
07.02.2019	40	1 993,90
07.02.2019	42	6 107,30
07.02.2019	44	288,88
07.02.2019	46	525,95
07.02.2019	48	260,62
07.02.2019	50	315,57
07.02.2019	52	695,51
07.02.2019	54	207,24
07.02.2019	56	259,05
07.02.2019	58	232,36
07.02.2019	60	974,97
07.02.2019	62	124,97
05.03.2019	0	115,24
05.03.2019	2	3 501,10
05.03.2019	4	17 270,00
05.03.2019	6	5 463,60
05.03.2019	8	8 870,50
05.03.2019	10	33,76
05.03.2019	12	108,80
05.03.2019	14	186,83
05.03.2019	16	1 000,09
05.03.2019	18	392,50
05.03.2019	20	577,76
05.03.2019	22	1 077,02
05.03.2019	24	3 014,40
05.03.2019	26	249,63
05.03.2019	28	3 045,80
05.03.2019	30	445,88
05.03.2019	32	185,26
05.03.2019	34	45,06
05.03.2019	36	593,46
05.03.2019	38	113,51

07.02.2019	44	664,11
07.02.2019	46	2 496,30
07.02.2019	48	1 109,99
07.02.2019	50	1 852,60
07.02.2019	52	1 617,10
07.02.2019	54	31,71
07.02.2019	56	68,30
07.02.2019	58	287,31
07.02.2019	60	6 782,40
07.02.2019	62	2 103,80
07.02.2019	64	2 433,50
07.02.2019	66	2 025,30
07.02.2019	68	26,38
05.03.2019	6	16,17
05.03.2019	8	44,12
05.03.2019	10	95,30
05.03.2019	12	161,71
05.03.2019	14	183,69
05.03.2019	16	77,56
05.03.2019	18	199,39
05.03.2019	20	58,25
05.03.2019	22	10 848,70
05.03.2019	24	14 836,50
05.03.2019	26	362,67
05.03.2019	28	167,99
05.03.2019	30	54,17
05.03.2019	32	47,73
05.03.2019	34	25 277,00
05.03.2019	36	230,79
05.03.2019	38	3 705,20
05.03.2019	40	5 385,10
05.03.2019	42	2 009,60
05.03.2019	44	665,68
05.03.2019	46	678,24
05.03.2019	48	200,96
05.03.2019	50	276,32
05.03.2019	52	477,28
05.03.2019	54	138,95
05.03.2019	56	117,44
05.03.2019	58	103,93
05.03.2019	60	107,23
05.03.2019	62	138,79
05.03.2019	64	142,71
05.03.2019	66	3 705,20
05.03.2019	68	350,11

29.08.2019	16	218,23
29.08.2019	18	66,73
29.08.2019	20	273,18
29.08.2019	22	318,71
29.08.2019	24	80,07
29.08.2019	26	75,67
29.08.2019	28	676,67
29.08.2019	30	100,01
29.08.2019	32	96,08
29.08.2019	34	38,31
29.08.2019	36	20,10
29.08.2019	38	1 425,56
29.08.2019	40	191,54
29.08.2019	42	2 496,30
29.08.2019	44	164,85
29.08.2019	46	12 387,30
29.08.2019	48	68,30
29.08.2019	50	163,28

05.03.2019	40	288,88
05.03.2019	42	1 036,20
05.03.2019	44	169,56
05.03.2019	46	364,24
05.03.2019	48	248,06
05.03.2019	50	339,12
05.03.2019	52	704,93
05.03.2019	54	332,84
05.03.2019	56	901,18
05.03.2019	58	255,91
05.03.2019	60	4 364,60
05.03.2019	62	222,94
02.04.2019	0	387,79
02.04.2019	2	254,34
02.04.2019	4	64 684,00
02.04.2019	6	1 172,79
02.04.2019	8	44,75
02.04.2019	10	83,52
02.04.2019	12	303,01
02.04.2019	14	110,53
02.04.2019	16	299,87
02.04.2019	18	171,13
02.04.2019	20	72,38
02.04.2019	22	243,35
02.04.2019	24	301,44
02.04.2019	26	23 707,00
02.04.2019	28	1 056,61
02.04.2019	30	1 774,10
02.04.2019	32	357,96
02.04.2019	34	127,48
02.04.2019	36	118,06
02.04.2019	38	332,84
02.04.2019	40	390,93
02.04.2019	42	1 102,14
02.04.2019	44	230,79
02.04.2019	46	257,48
02.04.2019	48	389,36
02.04.2019	50	273,18
02.04.2019	52	252,77
02.04.2019	54	2 606,20
02.04.2019	56	354,82
02.04.2019	58	781,86
02.04.2019	60	951,42
02.04.2019	62	111,63
27.05.2019	0	1 394,16

02.04.2019	2	35,64
02.04.2019	4	7,22
02.04.2019	6	16,17
02.04.2019	8	19,00
02.04.2019	10	27,16
02.04.2019	12	19,94
02.04.2019	14	114,30
02.04.2019	16	84,47
02.04.2019	18	161,71
02.04.2019	20	255,91
02.04.2019	22	956,13
02.04.2019	24	574,62
02.04.2019	26	5 149,60
02.04.2019	28	420,76
02.04.2019	30	606,02
02.04.2019	32	64,21
02.04.2019	34	332,84
02.04.2019	36	120,73
02.04.2019	38	1 821,20
02.04.2019	40	2 731,80
02.04.2019	42	987,53
02.04.2019	44	383,08
02.04.2019	46	536,94
02.04.2019	48	124,97
02.04.2019	50	489,84
02.04.2019	52	638,99
02.04.2019	54	197,82
02.04.2019	56	591,89
02.04.2019	58	100,17
02.04.2019	60	218,23
02.04.2019	62	189,97
02.04.2019	64	84,00
02.04.2019	66	587,18
02.04.2019	68	125,29
27.05.2019	0	80,07
27.05.2019	2	3,45
27.05.2019	4	14,29
27.05.2019	6	13,35
27.05.2019	8	38,78
27.05.2019	10	334,41
27.05.2019	12	89,96
27.05.2019	14	387,79
27.05.2019	16	216,66
27.05.2019	18	797,56
27.05.2019	20	164,85

27.05.2019	2	728 480,00
27.05.2019	4	255 910,00
27.05.2019	6	34 226,00
27.05.2019	8	1 836,90
27.05.2019	10	54,17
27.05.2019	12	108,02
27.05.2019	14	32,50
27.05.2019	16	27,63
27.05.2019	18	104,88
27.05.2019	20	58,56
27.05.2019	22	40,19
27.05.2019	24	304,58
27.05.2019	26	167,99
27.05.2019	28	164,85
27.05.2019	30	306,15
27.05.2019	32	98,60
27.05.2019	34	56,36
27.05.2019	36	827,39
27.05.2019	38	20,10
27.05.2019	40	1 270,13
27.05.2019	42	101,89
27.05.2019	44	246,49
27.05.2019	46	194,68
27.05.2019	48	118,54
27.05.2019	50	126,23
27.05.2019	52	463,15
27.05.2019	54	194,68
27.05.2019	56	24,96
27.05.2019	58	335,98
27.05.2019	60	339,12
27.05.2019	62	224,51
10.06.2019	0	161,71
10.06.2019	2	10 267,80
10.06.2019	4	70 022,00
10.06.2019	6	712,78
10.06.2019	8	571,48
10.06.2019	10	185,26
10.06.2019	12	281,03
10.06.2019	14	13,50
10.06.2019	16	35,48
10.06.2019	18	587,18
10.06.2019	20	16,01
10.06.2019	22	49,77
10.06.2019	24	42,70
10.06.2019	26	81,33

27.05.2019	22	326,56
27.05.2019	24	378,37
27.05.2019	26	733,19
27.05.2019	28	290,45
27.05.2019	30	131,57
27.05.2019	32	89,96
27.05.2019	34	508,68
27.05.2019	36	1 070,74
27.05.2019	38	189,97
27.05.2019	40	2 920,20
27.05.2019	42	2 747,50
27.05.2019	44	2 904,50
27.05.2019	46	558,92
27.05.2019	48	565,20
27.05.2019	50	354,82
27.05.2019	52	81 797,00
27.05.2019	54	1 403,58
27.05.2019	56	221,37
27.05.2019	58	111,00
27.05.2019	60	100,95
27.05.2019	62	381,51
27.05.2019	64	255,91
27.05.2019	66	202,53
27.05.2019	68	979,68
10.06.2019	0	50,40
10.06.2019	2	24,02
10.06.2019	4	17,90
10.06.2019	6	27,95
10.06.2019	8	47,57
10.06.2019	10	164,85
10.06.2019	12	113,04
10.06.2019	14	334,41
10.06.2019	16	89,49
10.06.2019	18	996,95
10.06.2019	20	177,41
10.06.2019	22	4 066,30
10.06.2019	24	2 182,30
10.06.2019	26	698,65
10.06.2019	28	277,89
10.06.2019	30	148,84
10.06.2019	32	134,71
10.06.2019	34	1 821,20
10.06.2019	36	1 711,30
10.06.2019	38	555,78
10.06.2019	40	802,27

10.06.2019	28	1 325,08
10.06.2019	30	164,85
10.06.2019	32	100,17
10.06.2019	34	35,95
10.06.2019	36	185,26
10.06.2019	38	20,57
10.06.2019	40	19,94
10.06.2019	42	149,78
10.06.2019	44	112,88
10.06.2019	46	67,82
10.06.2019	48	142,09
10.06.2019	50	59,35
10.06.2019	52	56,52
10.06.2019	54	372,09
10.06.2019	56	227,65
10.06.2019	58	397,21
10.06.2019	60	211,95
10.06.2019	62	82,11
02.07.2019	0	584,04
02.07.2019	2	634,28
02.07.2019	4	58 404,00
02.07.2019	6	15 401,70
02.07.2019	8	789,71
02.07.2019	10	7 002,20
02.07.2019	12	189,97
02.07.2019	14	110,21
02.07.2019	16	37,84
02.07.2019	18	118,38
02.07.2019	20	116,97
02.07.2019	22	1 505,63
02.07.2019	24	1 095,86
02.07.2019	26	123,87
02.07.2019	28	386,22
02.07.2019	30	1 679,90
02.07.2019	32	365,81
02.07.2019	34	232,36
02.07.2019	36	2 103,80
02.07.2019	38	30,14
02.07.2019	40	1 789,80
02.07.2019	42	172,70
02.07.2019	44	164,85
02.07.2019	46	590,32
02.07.2019	48	136,90
02.07.2019	50	85,57
02.07.2019	52	213,52

10.06.2019	42	17 741,00
10.06.2019	44	445,88
10.06.2019	46	397,21
10.06.2019	48	428,61
10.06.2019	50	73 319,00
10.06.2019	52	1 312,52
10.06.2019	54	503,97
10.06.2019	56	104,41
10.06.2019	58	111,00
10.06.2019	60	88,71
10.06.2019	62	213,52
10.06.2019	64	222,94
10.06.2019	66	1 003,23
10.06.2019	68	284,17
02.07.2019	0	78,97
02.07.2019	2	86,19
02.07.2019	4	99,07
02.07.2019	6	136,59
02.07.2019	8	47,73
02.07.2019	10	26,85
02.07.2019	12	123,56
02.07.2019	14	238,64
02.07.2019	16	92,32
02.07.2019	18	167,99
02.07.2019	20	45,53
02.07.2019	22	153,55
02.07.2019	24	1 742,70
02.07.2019	26	453,73
02.07.2019	28	246,49
02.07.2019	30	503,97
02.07.2019	32	183,69
02.07.2019	34	3 548,20
02.07.2019	36	208,81
02.07.2019	38	10 613,20
02.07.2019	40	16 328,00
02.07.2019	42	1 201,05
02.07.2019	44	403,49
02.07.2019	46	373,66
02.07.2019	48	692,37
02.07.2019	50	730,05
02.07.2019	52	318,71
02.07.2019	54	384,65
02.07.2019	56	82,58
02.07.2019	58	211,95
02.07.2019	60	890,19

02.07.2019	54	107,86
02.07.2019	56	405,06
02.07.2019	58	172,70
02.07.2019	60	354,82
02.07.2019	62	136,12
23.08.2019	0	279,46
23.08.2019	2	3 862,20
23.08.2019	4	2 433,50
23.08.2019	6	602,88
23.08.2019	8	568,34
23.08.2019	10	161,71
23.08.2019	12	76,77
23.08.2019	14	1 516,62
23.08.2019	16	61,86
23.08.2019	18	80,23
23.08.2019	20	161,71
23.08.2019	22	284,17
23.08.2019	24	527,52
23.08.2019	26	178,98
23.08.2019	28	386,22
23.08.2019	30	1 080,16
23.08.2019	32	111,94
23.08.2019	34	57,78
23.08.2019	36	226,08
23.08.2019	38	171,13
23.08.2019	40	202,53
23.08.2019	42	9 545,60
23.08.2019	44	121,05
23.08.2019	46	16,96
23.08.2019	48	106,45
23.08.2019	50	193,11
23.08.2019	52	51,18
23.08.2019	54	63,59
23.08.2019	56	1 515,05
23.08.2019	58	357,96
23.08.2019	60	240,21
23.08.2019	62	76,77

02.07.2019	62	445,88
02.07.2019	64	292,02
02.07.2019	66	821,11
02.07.2019	68	769,30
29.08.2019	0	222,94
29.08.2019	2	5,50
29.08.2019	4	38,15
29.08.2019	6	64,06
29.08.2019	8	88,39
29.08.2019	10	90,12
29.08.2019	12	94,83
29.08.2019	14	83,21
29.08.2019	16	53,07
29.08.2019	18	45,22
29.08.2019	20	14 334,10
29.08.2019	22	84,31
29.08.2019	24	82,90
29.08.2019	26	182,12
29.08.2019	28	114,77
29.08.2019	30	97,65
29.08.2019	32	25,91
29.08.2019	34	98,60
29.08.2019	36	1 136,68
29.08.2019	38	271,61
29.08.2019	40	71,75
29.08.2019	42	39,56
29.08.2019	44	1 445,97
29.08.2019	46	273,18
29.08.2019	48	164,85
29.08.2019	50	229,22
29.08.2019	52	78,97
29.08.2019	54	110,53
29.08.2019	56	188,40
29.08.2019	58	29,20
29.08.2019	60	854,08
29.08.2019	62	902,75
29.08.2019	64	108,80
29.08.2019	66	342,26
29.08.2019	68	295,16

Приложение Ж

**Протокол заседания Комиссии по горным ударам АО «Евразруда»**



**ПРОТОКОЛ**  
заседания Комиссии по горным ударам АО «Евразруда»

19 сентября 2019 г.

№ 3

п. Шерегеш

**ПРИСУТСТВОВАЛИ:**

От филиала «Евразруда-филиал АО «ЕВРАЗ ЗСМК»:

**Председатель:**

Гаврилов А.Г. – главный инженер горнорудных активов ЕВРАЗ ЗСМК.

**Заместитель председателя:**

Рязанцев В.А. – директор производственно-технической дирекции ЕВРАЗ ЗСМК.

**Члены Комиссии:**

Матысон Д.П. – начальник управления по ОТ и ПБ горнорудных активов ЕВРАЗ ЗСМК;

Матвеев И.Ф. – начальник технического управления, д.т.н.;

Шабалин А.С. – главный геолог филиала «Евразруда – филиал АО «ЕВРАЗ ЗСМК»;

Скuryтин С.В. – главный маркшейдер филиала «Евразруда – филиал АО «ЕВРАЗ ЗСМК»;

Куприянов А.С. – главный инженер Таштагольской шахты;

Лефтор В.В. – главный инженер Шерегешской шахты;

Лобанов К.Н. – главный инженер Казской шахты;

Суздалев П.В. – начальник участка ППГУ Казской шахты;

Штирц В.А. – начальник участка ППГУ Таштагольской шахты;

Приб В.В. – начальник участка ППГУ Шерегешской шахты, к.т.н.

**От Прокопьевского межрегионального отдела по угольному и горнорудному надзору Сибирского управления Ростехнадзора - по согласованию.**

Яценко В.Т. – государственный инспектор Прокопьевского отдела по угольному и горнорудному надзору.

**От научно-исследовательских организаций (по согласованию):**

Ерёменко А.А. – профессор, д.т.н. – директор по науке ИГД СО РАН;

Лобанова Т.В. – д.т.н., научный руководитель НИЦ «Геомеханика»

Смирнов С.М. – к.т.н., сотрудник ИГД СО РАН;

Клишко В.К. – зав. Сектором Таштагольского территориального сектора ВНИМИ;

**От подрядных организаций (по согласованию):**

Кондратов Т.В. – начальник участка ООО «ШПУ»;

Овсянников С.В. – зам. директора ООО «Звездный»;

Суртаев Д.А. – зам. технического директора по подготовке производства ООО «НШПУ»;

Любимов В.А. – технический руководитель по горным работам



Рудник М.А.

ООО «СибГРУ»;  
- начальник участка ООО «НАГОРА ШАХТОСТРОЙ»

**Приглашённые:**

Гуньков А.В. т

- главный специалист Департамента внутреннего  
производственного актива угольных активов;

Филиппов В.Н.

- сотрудник ИГД СО РАН, к.т.н.

**ПОВЕСТКА ДНЯ:**

1. Отчёт главных инженеров шахт и начальников участков ППГУ по итогам работы в январе-августе 2019 г:

1.1. Порядок ведения горных работ (горно-подготовительных и очистных) на шахте в 2019 и планов на 2020 год.

1.2. О геодинамической ситуации на месторождении за январь – август 2019 г.;

1.3. О работе участка ППГУ за январь – август 2019 г.;

1.4. О выполнении предписаний РТН, выданных в ходе Комплексной проверки в 2019 году.

2. Информация представителей научно-исследовательских организаций по работе на шахтах, согласно договорам в рамках НИР на 2019 год.

3. Подведение итогов выполнения протокола Комиссии по горным ударам от 27.02 и от 25.97. 2019 г.

4. Обсуждение проблем ведения горных работ на шахтах Евразруды в условиях высокого горного давления.

5. Прочее.

**СЛУШАЛИ:**

Матеев И. Ф.

Сегодня в соответствии с приказом Управляющего директора горнорудных активов ЕВРАЗ ЗСМК №218 от 05 сентября 2019г мы проводим заседание комиссии по горным ударам филиала «Евразруда-филиал АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (далее по тексту - Комиссия). Состав Комиссии утверждён приказом Управляющего директора горнорудных активов ЕВРАЗ ЗСМК №215 от 04 сентября 2019г. Из 22 членов Комиссии отсутствуют 3 члена по уважительным причинам.

Повестка дня вам роздана, так же как и ряд информационных материалов.

Проект протокола вам представлен. В постановляющую часть проекта протокола включены пункты, которые Комиссия должна отметить в протоколе в соответствии с положениями регламентирующих документов. Остальные пункты сформируем по ходу работы Комиссии. Прошу предоставлять ваши предложения и замечания к протоколу в письменном виде.

В протоколе, по указанию Ростехнадзора, мы должны классифицировать динамические события, которые имели место на Таштагольской и Казской шахтах в июле – августе, а так же отметить статус выполнения предписаний в вопросах прогноза и предупреждения горных ударов, выданных нам Ростехнадзором по итогам последней комплексной проверки.

Мы должны заслушать сообщение старшего преподавателя кафедры теоретической и геотехнической механики Горного института КузГТУ Дудко К.Л. о новых подходах по обработке данных, полученных при проведении электрометрических измерений напряжённо-деформированного состояния массива пород в условиях Таштагольского месторождения.

У членов Комиссии есть вопросы по порядку ведения Комиссии. Вопросов и предложений нет. Приступаем к работе Комиссии в соответствии с повесткой дня.



Штирц В.А.

Таштагольское месторождение с глубины 400 м (горизонт (-70) м для Восточного участка) отнесено к «опасным» по горным ударам. Отнесены к «Опасным» по горным ударам Юго-Восточный, Северо-Западный, Западный. Отнесение их к опасным подтверждается ежегодно Комиссией Евразруды по горным ударам.

За 2019 год горных ударов и микроударов не регистрировалось и не расследовалось.

На Таштагольской шахте году горные работы ведутся на 6 горизонтах шахты по «Восточному», «Северо-Западному» и «Юго-Восточному» участкам месторождения: ( $\pm 0$ ) м, (-70) м, (-140) м, (-210) м, (-280) м, (-350) м. По участку «Западный» ведутся проектные работы. В соответствии с годовой программой в июле и августе произведены массовые взрывы по обрушению Восточной секции блока № 11 в этаже (-350) м  $\div$  (-280) м и Восточной секции блока № 5 в этаже (-280) м  $\div$  (-210) Восточного участка, а также массовые взрывы по образованию и очистной выемке из камер с закладкой выемочного пространства блока №10, в этаже (-280) м  $\div$  (-210) м Северо-Западного участка и блоков №№ 02, 01, 2 в этажах (-210) м  $\div$  (-70) м, Восточного участка, а также взрывы по формированию КК блоков 11, 5, 22-23 в этаже (-350) м  $\div$  (-210) м Восточного участка.

За данный период был 41 массовый (технологический взрыв), максимальный вес заряда составил 30 т. (б. 02, камера 5). 29.09.2019 планируется провести СМВ по блоку № 22-23.

В настоящее время запасы месторождения обрабатываются:

- вне предохранительных целиков системой этажно-принудительного обрушения с отбойкой руды пучками скважин на компенсационные камеры и зажимающую среду;

- запасы предохранительных целиков обрабатываются этажно-камерной системой с закладкой выработанного пространства твердеющей смесью.

В 2019 году горно-подготовительные работы по проходке подготовительных выработок велись силами:

- участка «ШПУ» на горизонтах: гор. (-350) м в орте №30, откаточном штреке на горизонте (-350) м в ортах №№ 27, 28а (-350) м, велись восстановительные работы. Объём выполненных работ по проходке составил п.м. 647.

- участком «Звёздный» по проходке блока 05-3 (-280)/(-210) 871 м, Крепление осуществляется анкерами СЗА с армокаркасами и торкретированием согласно паспортам крепления. Объём выполненных работ по креплению составил: 20217 м<sup>2</sup>. и нарезных выработок под ПДМ 1433 п.м.

За 2019 год на Восточном и Северо-Западном участках было заложено твердеющей смесью 81 тыс. м<sup>3</sup>

Структура и численный состав участка ППГУ составляет 16 человек, - 5 операторов сейсмопрогноза, 2 горнорабочих, 1 электрослесарь, 1 МБУ и специалисты: геолог участковый, инженеры-геофизики - 2, электромеханик, начальник и заместитель начальника участка. Из аппаратуры - станок буровой БСК; сейсмостанция «Релос-РА32», геофизическая аппаратура. ЭРА, Ангел-М.

При определении категории удароопасности «Опасно» инструментальными методами были выдано 4 предписания на приостановку и возобновление проходческих работ.

Для оценки степени удароопасности массива горных пород использован комплекс инструментальных методов, прошедший адаптацию к условиям месторождения.

По методу деления керна на диски было отбурено 130 м керновых скважин на горизонтах (-70), и (-280) м.

## **ЕВРАЗ**

Сейсмостанцией с начала года было зарегистрировано 1755 динамических проявлений горного давления в виде толчков. События 1-2 классов составляют 91,9% от общего количества толчков, события 3 – 4 класса составляют 7,4%. События с высокой энергетикой (свыше 1 000 000 Дж) составляют 0,56% от общего числа событий. 2019 г. По количеству событий с энергией свыше 1000 Дж за сутки в 2019 год является динамически активным, что связано с работами по подготовке блоков 5, 11, 22-23 к обрушению, и работами на Севере Восточного участка (подготовка блоков 03-2 05-3, и связанная с этим активность при перераспределении нагрузок вокруг очистных камер блоков.

В отчётном году методом электропрофилеирования произведены плановые и внеплановые замеры по квершлагам, штрекам и другим выработкам. Среднегодовые значения  $K_p$  соответствовали низкому уровню напряжений. Ни в одном случае уровень напряжений не достигал величины соответствующей возможности возникновения горного (горно-тектонического) удара. В работе использовалась аппаратура «Эра-В-Знак».

Электрокаротаж проводился по опережающим скважинам при проходке выработок, а также по стационарным скважинам в районе рудворов ствола шахты «Западная» на горизонтах (-140)м. и (-210)м. Категория удароопасности «Опасно» методом каротажа не устанавливалась.

Методом ПЭЗ выполнялись замеры в блоках, находящихся в нарезке. Категория удароопасности методом подземного электрического зондирования устанавливалась в 2 выработках и забоях выработок горизонтов (-270) БД06, (-350) орт № 30 м Восточного участка, что связано с технологическими работами по подготовке блоков.

Для прогноза удароопасности деформационным методом производились замеры по 14-ти станциям, глубинных реперов.

Методом регистрации электромагнитного излучения в отчётном году произведены замеры на всех участках и горизонтах шахты. Замеры также были выполнены в районах Диагонального и Восточного нарушений, на флангах месторождения и под выработанным пространством. В выработках, в которых велись работы, отмечались признаки удароопасности. Работы производились прибором «Angel-M».

В первом полугодии на Таштагольской шахте работы по ППГУ проводились согласно плану работ, силами участка. За 8 месяцев зарегистрировано 1755 толчков, максимальный класс толчка составил 6,7., а 16.08 – 7,8.

16 августа 2019 г. в 21:00, 21:03 и в 21:06 сейсмостанцией "Таштагол" зарегистрирована серия из 3-х геодинамических явлений, энергетическим классом 7,6; 7,8; 5,1 соответственно, с гипоцентрами, расположенными на отметках (-363), (-443), (-409) метров, под ортами 11, 16, 17 горизонта -350 м. В течение 8 часов зарегистрировано ещё 20 толчков, с энергией, не превышающей класс 2,5. В 21:10 была введена позиция ПМЛА «завал, обрушение»; все работники 158 человек оперативно, в течение 50 минут были выведены из шахты. Необходимые ресурсы ВГСЧ были приведены в боевое состояние, но задействованы не были. Создана Комиссия для обследования выработок, прилегающих к гипоцентрам толчков. Обследованы выработки горизонта (-350)м с оценкой удароопасности в районе ортов 9, 10, 11. Обследованы выработки на горизонтах (-280) м (-210) м. Нарушений крепи, разрушений бортов и кровли в выработках не обнаружено. В 01:45 17 августа горные работы были возобновлены.

По данным сейсмостанции г. Кемерово магнитуа события в 21:00 составила 2,8, в 21:03 – 3,1.; события классифицированы как «локальное землетрясение». Предлагаю классифицировать сейсмические события, имевшие место 16 августа 2019 г. (согласно Приложению № 1 ФНИП «Положения по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам», 2014 г.) в шахте Таштагольской с классом энергии более 7,6, и 7,8 как «толчки» в глубине

## ЕВРАЗ

массива на участке «Восточный» по признакам отсутствия выбросов в горные выработки, сопровождения звуком и сотрясением массива.

Произошедшие 16.08.2019 г. в 21:00 геодинамические явления показывают, что напряжения, накопленные в днище отработанного пространства не «сбрасываются» от приводимых массовых взрывов, а накапливаются и проявляются в виде подобного рода явлений. Нарушений в выработках горизонта -350 и -280 м данные толчки не вызвали, однако технологические работы были прерваны – все работники шахты были выведены. Причина данных проявлений – высокий уровень напряжений Восточном участке, вокруг уступов, сформированных Восточными секциями блоков 11 и 5 на горизонтах -350 и -280 м.

По результатам работы Ростехнадзора у нас отмечено неисполнение положений проекта по численности участка ППГУ, и не соблюдение графика бурения керновых скважин. Остальные замечания устранимы. Для исполнения графика мы перебазируем станок на горизонт -350м и приступим к бурению скважин. По численности участка ППГУ вопрос нужно решать.

### Приб В.В.

Шерегешевское месторождение с горизонта (+325) м для участка «Главный» и с горизонта (+255) м остальные участки отнесено к «опасным» по горным ударам. Отнесение его к опасным подтверждается ежегодно Комиссией Евразруды по горным ударам.

В 2019 году горных ударов и микроударов на шахте не регистрировалось и не расследовалось.

В 2019 году на шахте «Шерегешская» Очистные работы велись на горизонтах (+115м), (+120м), (+140м), (+160м), (+185м), (+195м), (+200м), (+230м), (+235м), (+255м). С начала года добыто 2 992 436 тонн сырой руды (+376 776 т.), произведено концентрата 1 589 625 тонн (+99343 т.).

Подготовительно-нарезные работы производились на участках «Главный», «Новый Шерегеш», «Подрусловый» и «Болотный» на горизонтах (+115м), (+120м), (+140м), (+160м), (+185м), (+195м), (+200м), (+230м), (+235м), (+255м), пройдено всего: 8 457,8 погонных метров (+1364,8 м.),

Из них

- подготовительных - 1 805,2 п.м. (+580,2м.),
- нарезных - 6281,6 п.м. (+413,6м.);
- горно-капитальных - 371 п.м.

Буровые работы - на горизонтах (+115м), (+120м), (+140м), (+160м), (+185м), (+195м), (+200м), (+230м), (+235м), (+255м) – отбурено 345 363 п.м. глубоких скважин (+53539 м.),

Из них

- d=105 мм. – 5 594 п.м. (-779 м.),
- d= 89 мм. – 339 667 п.м. (+54216м.),
- d= 59 мм. – 102 п.м.

Анкерное крепление: всего 59 219 м<sup>2</sup>, из них:

- сталеорганическое крепление – 966 м<sup>2</sup>. (+59м<sup>2</sup>.);
- крепление анкерами СЗА – 58 253 м<sup>2</sup>. (+10742 м<sup>2</sup>.)
- крепление горных выработок торкретбетоном -3 555 м<sup>2</sup>. (+3118 м<sup>2</sup>.)
- железобетоном - 104,5 м<sup>3</sup>. (+27.5 м<sup>2</sup>.).

За 8 месяцев 2019г. было произведено 736 технологических взрыва.

С начала года в очистную добычу введено 4 блока: - №№ 1-230, 2-200, № 3-195, уч. «Н-Шерегеш», блок № 3-120 уч. «Подрусловый».

За 8 месяцев 2019 г. в массиве пород Шерегешевского месторождения, по данным аппаратуры автоматической системы микросейсмического и сейсмоакусти-

## **EBРАЗ**

ческого мониторинга Шерегешской шахты, было зарегистрировано 17715 (+5092 к соответствующему периоду 2018г) сейсмических сигнала, из них 6345 (+4905 к соответствующему периоду 2018г) сейсмособытий (толчков).

Структура и фактическая численность службы ППГУ соответствуют штатной численности, утвержденной на настоящее время, численность составляет 21 человек.

Динамические события происходят, в основном, в районе проведения взрывных работ в радиусе 200 - 250 м. Зоны сейсмической активности после массовых взрывов соответствуют зонам геологических нарушений и региональных разломов, активизирующихся при подготовке блоков к отработке.

Общее количество сейсмических событий (сигналов) за год - 17715. Динамические явления происходили в виде толчков, общее количество которых составило 6345. Основная геодинамическая активность за год отмечена на участке «Новый Шерегеш», где было зарегистрировано 6302 толчка. На участке «Подрусловый» зарегистрировано 33 толчка. Аппаратурой «Релос - 64» автоматической системы микросейсмического и сейсмоакустического мониторинга Шерегешской шахты на участке «Новый Шерегеш» эпицентры сейсмических событий зарегистрированы в массиве горных пород породного выступа, расположенного с северо-западной стороны центральной части рудного участка и оформленного в виде подковообразной формы в результате конфигурации рудной зоны участка «Новый Шерегеш». Нарушения в горных выработках, а так же в конструкциях зданий и сооружений на земной поверхности отсутствовали.

16 июля в 18-33 час произошло динамическое событие с энергией класса 5,6 по данным аппаратуры автоматической системы микросейсмического и сейсмоакустического мониторинга Шерегешской шахты, 23 июля в 10-59 час имело место динамическое событие с энергией класса 5.9, 23 июля в 11-33 час - событие с энергией класса 6.4. Вышеуказанные события были зарегистрированы в массиве горных пород в породном выступе, расположенном с северо-западной стороны центральной части рудного участка «Новый Шерегеш» оформленному в результате конфигурации (подковообразной форме в плане) рудной зоны участка «Новый Шерегеш». Нарушения в горных выработках, а так же в конструкциях зданий и сооружений на земной поверхности отсутствовали.

Комиссия по горным ударам от 25.07.2019г квалифицировала сейсмические события, имевшие место 16 и 23 июля, с классом энергии более 5 (по данным аппаратуры автоматической системы микросейсмического и сейсмоакустического мониторинга Шерегешской шахты) как толчки в глубине породного массива на участке «Новый Шерегеш» по признакам отсутствия выбросов в горные выработки, сопровождения звуком и сотрясением массива, а так же на основании зарегистрированных параметров событий аппаратурой автоматической системы микросейсмического и сейсмоакустического мониторинга Шерегешской шахты.

Проведенный участком прогноза и предупреждения горных ударов Шерегешской шахты анализ не установил прямой зависимости между вышеуказанными событиями и производственными процессами (взрывные работы по отбойке рудной массы и проходке горных выработок, выпуск рудной массы на участке «Новый Шерегеш»).

В качестве причины проявления толчков 16 и 23 июля Комиссия по горным ударам приняла - перераспределение горного давления в породном выступе с северо-западной стороны в центральной части рудного участка «Новый Шерегеш» при наличии неравнокомпонентных полей напряжений на контактах разномодульных пород (известняков и скарнов).

По результатам работы Комиссии по горным ударам были разработаны мероприятия по прогнозу и предупреждению динамических проявлений горного давления

## ЕВРАЗ

в массиве горных пород участка «Новый Шерегеш» Шерегешевского месторождения, которые находятся в стадии выполнения.

Контроль НДС массива проводится участком №2 (ППГУ) микросейсмической системой круглосуточно и аппаратурой «ERA-MAX» для КБ ПЭЗ, методами электрометрии, а также регистрацией ЕЗМИ аппаратурой «Angel-M» согласно планам работы.

Региональный прогноз степени удароопасности массива пород на филиале производится круглосуточно методом микросейсмических наблюдений за массивами пород участков «Главный», «Подрусловый» и «Новый Шерегеш» на базе сейсмостанции. Сейсмоприёмники установлены 1 поверхностный павильон и на горизонтах шахты (+325) м., (+255) м., (+185) м. и (+115) м.) на участках «Главный», «Подрусловый» и «Новый Шерегеш» в 24 подземных павильонах.

Локальными методами оценки степени удароопасности массива пород являются метод регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЗМИ) и метод электротзондирования. Для этих целей использовалась аппаратура «ANGEL-M» и «ERA-MAX».

Для наблюдения за напряженно - деформированным состоянием на Шерегеш - ской шахте, оборудовано 2 станции глубинных реперов на участке «Новый Шерегеш», горизонт +185м. орт № 17 , горизонт +115м орт № 21а и 6 станций контурных реперов: 2 на участке «Подрусловый», горизонт +115 м. (гараж под самоходную технику и заправочная станция) и 4 участок «Новый Шерегеш» горизонт +185м. орта № 34 и 34а.

За 8 месяцев 2019 год месяцев службой ППГУ, согласно утверждённым ежемесячным планам, было проведено:

- методом КБ ПЭЗ - 780 измерений;
- методом ЕЗМИ - 1628 измерений;
- по реперным станциям 68 серии замеров по контурным реперам и 82 измерений по станциям глубинных реперов;

За отчетный период было выдано 23 предписания на остановку работ.

Все замечания Ростехнадзора в вопросах прогноза и предупреждения горных ударов на Шерегешской шахте выполнены.

### Фомин М.В.

Казское месторождение в целом отнесено к «склонным» по горным ударам, что ежегодно подтверждается решением Комиссией Евразруды по горным ударам.

На Казской шахте горные работы ведутся на Южной зоне участка «Центральные Штоки» на трёх горизонтах шахты: (-90) м, (-160) м, (-230)м, за отчётный период было произведено 67 взрывов (массовые и технологические) по блокам №№ 236-237, 166, 169А, 2311, 168, 239, 238, 168-1 и отбито 1184,5 тыс.т. сырой руды.

При отбойке массива горных пород вышеуказанных блоках спровоцированных горных ударов, микроударов не отмечено.

За 8 месяцев 2019 года было пройдено 3287,9 п.м. (15584,0 м<sup>3</sup>) горных выработок, из них: горно-подготовительных – 230,4 п.м. (20130 м<sup>3</sup>), нарезных -3957,5 п.м.(13571м<sup>3</sup>).

Горно-подготовительные выработки крепятся анкерами КРА и металлической сеткой с последующим торкретированием.

За отчётный период было закреплено:

- бетонным (железобетонным) креплением -409,7м<sup>3</sup>
- анкерным креплением с сеткой -7990м<sup>2</sup>
- установлено анкеров -11909 шт.
- торкрет-бетонное крепление горных выработок без ГКР 3534,0м<sup>2</sup>

## **EBРАЗ**

Бурение скважин эксплуатационных и разведочных осуществляется станками НКР-100м. и БП-100. За отчётный период было набурено всего (без пересчёта) - 65985 п.м. скважин из них:

- взрывных -59299 п.м.
- скважин Ø 160мм- 3911 п.м.
- скважин Ø 160мм (с коэф. 2,32 на Ø 105мм) -71149 п.м.
- разведочных (эксплуатация) -2500 п.м.
- опережающих 275 п.м.

Потерь скважин в результате проявления горного давления в отчётном периоде отмечено не было.

Оценка напряжённого деформированного состояния горных работ и степень удароопасности массива производится по визуальным наблюдениям за состояние бортов и кровли горных выработок по горизонтам шахты (-90) м, (-160) м, (-230) м, начальником участка ППГУ.

Контроль Н.Д.С. деформированным методом производится по 2 станциям глубинных реперов гор.(-160) м, и по 14 станциям на гор. (-230) м.

По станциям глубинных и контурных реперов за отчётный период было произведено 496 замер.

Оценка степени удароопасности выполняется прибором «Angel-M»: проведено 534 измерения, категория удароопасности «Опасно» не устанавливалась.

В шахтном поле Казского месторождения отмечено 86 геодинамических явлений, в виде толчков и стрельаний.

31.07.2019г в 04ч.03мин в массиве горных пород месторождения за границей горного отвода произошло геодинамическое явление в виде серии событий с энергетическим классом до 7,1, магнитудой до 2,8. До 9 часов 31.07.19г. произошло 9 событий классом от 6,7 до 9,6 и магнитудой от 2,8 до 4,2 (по данным Таштагольской сейсмостанции). В 06ч.05мин. через диспетчера шахты главный инженер шахты дал команду на подъем людей и в 07ч.00мин все были выведены на поверхность. Всего за 31.07.19г. произошло 39 событий из них 12 местных землетрясений, зарегистрированных сейсмостанцией г. Таштагола с азимутом 332-341 градус и расстоянием 42-44 км от сейсмостанции и в 6-7км северо-западнее шахтного поля Казского месторождения. 12 местных землетрясений зарегистрированы сейсмостанциями г. Кемерово и г. Новосибирска с различными координатами, классом и магнитудой. С 31.07.19г. по 03.08.19г. на шахте произошло 81 событие с различными энергетическими характеристиками. Нарушений в горных выработках, как и пострадавших не было.

В качестве причины проявления динамических событий в массиве пород за период с 31.07.2019г. по 03.08.2019 г. – можно рассматривать высокую сейсмическую активность региона в целом.

Предлагаю классифицировать события, произошедшие с 31.07. по 03.08. как местные локальные землетрясения, в результате повышенной региональной сейсмической активности.

По предписанию Ростехнадзора все пункты выполнимы, за исключением пункта, касающегося решений проекта «Корректировка проекта вскрытия и отработки гор. - 160 и 230 м Казского месторождения» в отношении рассмотрения вопроса целесообразности установки на руднике мобильного сейсморегистратора и приобретения станка колонкового бурения «Mustang». Прошу Комиссию оказать содействие в решении данных вопросов.

**ВЫСТУПИЛИ** с сообщениями по результатам выполнения работ в соответствии с договорами на 2019 г:

профессор Ерёмченко А.А. – от ИГД СО РАН

■ Акционерное общество «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»



Лобанова Т.В. – от НИЦ «Геомеханика»  
Климко В.К. – от ВНИМИ

**СЛУШАЛИ** сообщение старшего преподавателя кафедры теоретической и геотехнической механики Горного института КузГТУ Дудко К.Л. о новых подходах по обработке данных, полученных при проведении электрометрических измерений напряженно-деформированного состояния массива пород в условиях Таштагольского месторождения.

**ВЫСТУПИЛИ** по обсуждаемым вопросам:

Гаврилов А.Г.  
Овсянников С.В.  
Лефтор В.В.  
Штирц В.А.

**ПОСТАНОВИЛИ:**

1. Подтвердить соответствие представленных в отчётах главных инженеров шахт и начальников участков ППГУ порядка и направлений ведения горных работ на шахтах в 2019 году направлениям, намеченным в ПРГР шахт на 2019 год.

2. Подтвердить соответствие представленных в планах развития горных работ на 2020 год направлений горных работ, схем подготовки и систем разработки по Шерегешской, Таштагольской и Казской шахтам требованиям ФНИП «Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам», «Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях Горной Шории, склонных и опасных по горным ударам».

3. Принять к сведению анализ указанных в отчётах главных инженеров шахт и начальников участков ППГУ причин динамических проявлений горного давления, способов их предотвращения и обеспечения безопасности горных работ на склонных и опасных по горным ударам участках месторождений в 2019 году.

4. Считать основными причинами динамических и статических проявлений горного давления в массивах пород месторождений в границах шахтных полей - перераспределения напряжений в ходе ведения горных работ в условиях наличия в массивах пород высоких по значениям горизонтальных сжимающих напряжений и прочных высокомолекулярных руд и пород, способных накапливать значительную упругую энергию деформаций и хрупко разрушаться под нагрузкой. Наличие разрывных геологических нарушений, зон, контактов удароопасных пород, районов с высокой трещиноватостью в массиве пород рассматривать как факторы, способствующие росту проявлений горного давления в динамической форме и определяющие локализацию мест их проявлений.

5. Принять к сведению сообщение зав. Сектором Таштагольского территориального сектора ВНИМИ Климко В. К. о повышении в целом сейсмической активности в Сибирском и Алтайском регионах с проявлением динамических событий на значительных глубинах вблизи крупных геологических разломов (нарушений). Считать одной из причин возникновения динамических проявлений высокого класса энергии и роста числа динамических событий в массивах пород на Шерегешевском, Таштагольском и Казском месторождениях в июле и августе 2019 года - повышение сейсмической активности в регионе.

6. Классифицировать сейсмические события, имевшие место 16 августа 2019 г. (согласно Приложения № 1 ФНИП «Положения по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам», 2014 г.) в шахте Таштагольской с классом энергии 7,6, и 7,8 как «толчки» в глубине массива на

## ЕВРАЗ

участке «Восточный» по признакам отсутствия выбросов в горные выработки, сопровождения звуком и сотрясением массива.

7. Классифицировать динамические события высокого энергетического класса (класс 6,0 – 9,6), имевшие место на Казском месторождении с 31 июля по 3 августа, по местоположению очагов и отсутствию последствий в горных выработках, как локальные землетрясения, обусловленные повышением сейсмической активности в регионе.

8. Подтвердить выполнение решений Комиссии по ГУ филиала «Евразруда-филиал АО «ЕВРАЗ ЗСМК», принятых в 2019 году на шахтах, мероприятий по прогнозу и предупреждению горных ударов на склонных и опасных по горным ударам участках месторождений, и их соответствие требованиям ФНИП «Положения по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам», «Указаний по безопасному ведению горных работ на месторождениях Горной Шории, склонных и опасных по горным ударам».

9. Оценить удовлетворительно результаты деятельности в 2019 году участков ППГУ шахт в вопросах ведения работ по прогнозу и предупреждению динамических проявлений горного давления.

10. Подтвердить на 2020 год решения протокола комиссии по горным ударам Евразруды от 27.09.2018 г по отнесению Казского месторождения (целиком) к склонному по горным ударам, Таштагольского (Участки: Восточный и Северо-Западный с горизонта (-70) м, участки Юго-Восточный и Западный с горизонта (+70) м) и Шерегешевского (с горизонта (+325) участка «Главный» и с горизонта (+255) м остальных участков) - к «опасным» по горным ударам.

11. Продолжить выполнение решений Протоколов комиссии по горным ударам от 27.02 и от 25.97. 2019г.

12. Принять к сведению информацию Ерёменко А.А. о проведённом моделировании условий в массиве пород породного выступа на участке «Новый Шерегеш», в результате чего установлено, что расположение разгрузочных скважин на отм. +195 м, обеспечивающих разуплотнение породного уступа в его периферических областях, вызывает дополнительную разгрузку массива. При этом сжимающие горизонтальные напряжения в приграничной части уступа снижаются, соответствующие сдвигающие напряжения, сравниваемые со сцеплением массива, уменьшаются на 40 – 50%, что приводит к снижению неупругих деформаций в породном уступе.

13. Начальнику участка ППГУ Шерегешской шахты совместно с ИГД СО РАН с помощью скважинного эндоскопа провести мониторинг состояния разгрузочных скважин, отбуренных на гор. +185 и +195 м в породном выступе участка «Новый Шерегеш» для оценки деформационных процессов в массиве пород породного выступа после обустройства системы разгрузочных скважин..

14. Согласовать критерии пороговых значений в приборе ANGEL-M по итогам экспериментальных измерений в 2019 году и обратиться во «ВНИМИ» их утвердить.

15. Продолжить работу комиссий по горным ударам шахт под руководством главных инженеров шахт не реже 1 раза в квартал, а при необходимости в - сроки, указанные главным инженером горнорудных активов ЕВРАЗ ЗСМК.

16. Главному инженеру Таштагольской шахты А.С. Куприянову контролировать выполнение мероприятий по снижению удароопасности при подготовке блока 05-3 в части бурения разгрузочных скважин согласно проекту.

17. Директорам Таштагольской, Шерегешской и Казской шахт принять меры к обеспечению штатной численности участков ППГУ на 2020 год в соответствии с обоснованиями штатной численности. Начальникам участков ППГУ Таштагольской, Шерегешской и Казской шахт подготовить обоснование штатной численности участков ППГУ, исходя из объёмов работ участков, планируемых на 2020 год и методики по определению численности участков ППГУ.


**ЕВРАЗ**

18. Принять к сведению информацию научного руководителя НИЦ «Геомеханика» Лобановой Т.В., директора по науке ИГД СО РАН Ерёмченко А.А., зав. Сектором Таштагольского территориального сектора ВНИМИ Климко В.К. о промежуточных результатах проводимых работ по договорам подряда в 2019 году по повышению безопасной эксплуатации шахт (НИР).

19. Согласовать, представленную на Комиссию тематику по повышению безопасной эксплуатации шахт (НИР) на 2020 год, планируемых к выполнению ИГД СО РАН, НИЦ «Геомеханика» СибГИУ, ООО «НТЦ Автоматика», АО «ВНИМИ, ФГБОУ ВО СибГИУ по вопросам прогноза и предупреждению горных ударов, работ в удароопасных условиях шахт, мониторингу деформационных процессов земной поверхности от влияния горных работ, радиационной безопасности и рекомендовать техническому управлению приступить к заключению договоров по тематике.

20. В соответствии с решениями проекта «Корректировка проекта вскрытия и отработки гор. -160 и гор. -230 м Казского месторождения», обратиться ОАО Институт «Уралгипроруда» для рассмотрения вопроса целесообразности установки на Казской шахте мобильного сейсмоприёмника, и, в случае установления целесообразности, рекомендовать его тип или марку.

21. В соответствии с решениями проекта «Корректировка проекта вскрытия и отработки гор. -160 и гор. -230 м Казского месторождения», обратиться ОАО Институт «Уралгипроруда» рекомендовать тип станка для бурения керновых скважин на Казской шахте.

22. ООО «Звёздный» до 01.10.2019 г. представить главному инженеру горнорудных активов ЕВРАЗ ЗСМК предложения по исключению отставания крепления горных выработок торкрет-бетонном на Таштагольской шахте.

23. Директору Шерегешской шахты принять меры к приобретению на участок ППГУ шахты в 2020 году прибора «ANGEL-M» в целях обеспечения возможности работ по оценке напряжённости массива пород одновременно двумя звеньями для повышения оперативности работ по замеру напряжённно-деформированного состояния массива горных пород и снижению времени простоя забоев шахты по причинам проявления в них динамических событий.

24. Начальнику участка ППГУ Шерегешской шахты совместно с НИЦ «Геомеханика СибГИУ» определиться и предложить порядок установки реперных станций в условиях работы самоходной техники и высоких темпов проходки горных выработок и отработки очистных камер.

25. Начальнику участка ППГУ Шерегешской шахты в четвёртом квартале 2019 года обеспечить установку 4 контурных реперов на участке «Новый Шерегеш».

26. Главному инженеру и начальнику участка ППГУ Шерегешской шахты в 2020 году, с привлечением ООО НТЦ «Автоматика», решить вопрос расширения сети микросейсмического мониторинга на базе аппаратуры микросейсмоакустического контроля напряжённно-деформированного состояния массива пород Шерегешской шахты в целях достижения возможности определения координат низкочастотных событий в массиве пород и приведения значений энергии динамических проявлений в соответствие с энергией, зарегистрированной сейсмостанцией «Байкал 8.2» Таштагольской шахты.

27. Принять к сведению сообщение старшего преподавателя кафедры теоретической и геотехнической механики Горного института КузГТУ Дудко К.Л. о новых подходах по обработке данных, полученных при проведении электрометрических измерений напряжённно-деформированного состояния массива пород в условиях Таштагольского месторождения. Учитывая положительные результаты работы, рекомендовать Дудко К.Л. продолжить работу на Таштагольской шахте и представить сообщение о результатах работы на Комиссии по горным ударам филиала «Евразруда» - филиал АО «ЕВРАЗ ЗСМК» №1 в 2020 году.



Председатель Комиссии

Зам. председателя Комиссии

Члены Комиссии:



Таврилов А.Г.

Рязанцев В.А.

Матысон Д.П.

Матвеев И.Ф.

Скюрятин С.В.

Шабалин А. С.

Лефтор В.В.

Куприянов А.С.

Лобанов К.Н.

Суздаев П.В.

Штирц В.А.

Приб В.В.

Ерёменко А.А.

Лобанова Т.В.

Смирнов С.М.

Климко В.К.

Кондратов Т.В.

Овсянников С.В.

Суртаев Д.А.

Любимов В.А.

Рудник М.А.

Яценко В.Т.

исп. Матвеев И.Ф.  
89039949738  
igor\_matveev@evraz.com