

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архипов А.Г. Искусственное замораживание грунтов и контроль сплошности ледогрунтовых ограждений методом межскважинного акустического просвечивания: Сайт ООО «Геодиагностика». – [СПб.], 2012–2016. – URL: <https://geodiagnosics.ru/ControlLGO.htm> (дата обращения: 27.02.2019). – Текст: электронный.
2. Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии / под ред. Н.Н. Горяинова. – М.: Недра, 1992. – 259 с.: ил.
3. Желнин М.С., Плехов О.А., Семин М.А., Левин Л.Ю. Численное решение обратной задачи определения объемной теплоемкости породного массива в процессе искусственного замораживания // Вестн. ПНИПУ: Механика. – 2017. – № 4. – С. 56-75. DOI: 10.15593/perm.mech/2017.4.05.
4. Санфиоров И.А. Бабкин А.И. Ярославцев А.Г. Прийма Г.Ю. Фатькин К.Б. Сейсморазведочные исследования условий разработки калийной залежи // Геофизика. – 2011. – № 5. – С. 53-58.
5. Санфиоров И.А. Бабкин А.И. Ярославцев А.Г. Комплексные методические решения в шахтной сейсмоакустике // Геофизика. – 2014. – № 5. – С. 10-15.
6. Санфиоров И.А., Ярославцев А.Г., Бабкин Ю.И., Прийма Г.Ю., Чугаев А.В. Применение малоглубинной сейсморазведки отраженными волнами для оценки состояния околоствольного массива // Разведка и охрана недр. – 2005. – № 12. – С. 31-33.
7. Скворцов А.Г., Садуртдинов М.Р., Царев А.М. Сейсмические критерии идентификации мерзлого состояния горных пород // Криосфера Земли. – 2014. – Т. XVIII, № 2. – С. 83-90.
8. Трупаков Н.Г. Замораживание грунтов при сооружении вертикальных шахтных стволов. – М.: Недра, 1983. – 270 с.: ил.
9. Шуплик М.Н. Специальные способы строительства подземных сооружений // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2013. – № S1. – С.595-625.

УДК 550.834

DOI:10.7242/echo.2019.3.16

### ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНТЕРВАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ В ПРЕДЕЛАХ АВАРИЙНОГО УЧАСТКА СКРУ-2

М.М. КАЛАШНИКОВА

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** Малоглубинные сейсморазведочные исследования на аварийном участке СКРУ-2 проводятся с 1995 года силами Горного института. На участке аварии развернута сеть комплексного мониторинга за состоянием водозащитной толщи, включающая маркшейдерский, геомеханический, сейсмологический и сейсмический и другие виды контроля с целью оценки и предупреждения негативных последствий аварии на руднике. В статье представлены результаты мониторинговых исследований на подработанной территории аварийного участка.

**Ключевые слова:** малоглубинная сейсморазведка, интерпретации сейсморазведочных данных, осложнения волнового поля, мониторинг.

Малоглубинные сейсморазведочные исследования на аварийном участке СКРУ-2 проводятся с 1995 года силами Горного института. На участке аварии развернута сеть комплексного мониторинга за состоянием водозащитной толщи, включающая маркшейдерский, геомеханический, сейсмологический и сейсмический и другие виды контроля.

Участок аварии находится в пределах достаточно сложной в геологическом отношении территории. В тектоническом отношении это склоновая часть Соликамской брахиантиклинали. Интенсивность складчатости соляных пластов, ее характер и размеры изменяются как в плане, так и по разрезу. В южной части зоны обрушения расположен обширный участок замещения карналлита пласта В пестрым силвинитом, в пределах которого проводилась трехпластовая отработка. К особенностям строения разреза участка также относится резкое увеличение мощности глинистых тел в нижней части соляно-мергельной толщи, разрывы в надсоляной толще, зона аномального строения водозащитной толщи 3 группы, выделяемая по горно-геологическим данным [2]. Все эти параметры естественной и техногенной природы сложным образом влияют на характер регистрируемого волнового поля, вызывая аномалии различной интенсивности.

В 2018 году, с целью контроля изменений состояния горного массива ежемесячно проводились сейсморазведочные наблюдения. В пределах аварийного участка развернута сеть из 21-ти профильных линий (рис. 1). Для каждого этапа исследований по объективным технологическим причинам выбиралась разная компоновка профильных линий в пределах исследуемого участка.

Содержание сейсморазведочных исследований традиционно включало:

- 1) сбор и анализ имеющейся геолого-геофизической информации;
- 2) полевые работы;
- 3) цифровая обработка и интерпретация.

Полевой этап сейсморазведочных исследований выполнен по методике невзрывной малоглубинной сейсморазведки высокого разрешения с использованием интерференционной системы наблюдений по общей глубинной точке [1].

Реализованы продольные и непродольные системы регистрации с разнесением линий возбуждения и приема по разные стороны от провала. Непродольные профили спроектированы исходя из необходимости расположения линий общих глубинных точек непосредственно через проблемную зону в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях разреза.

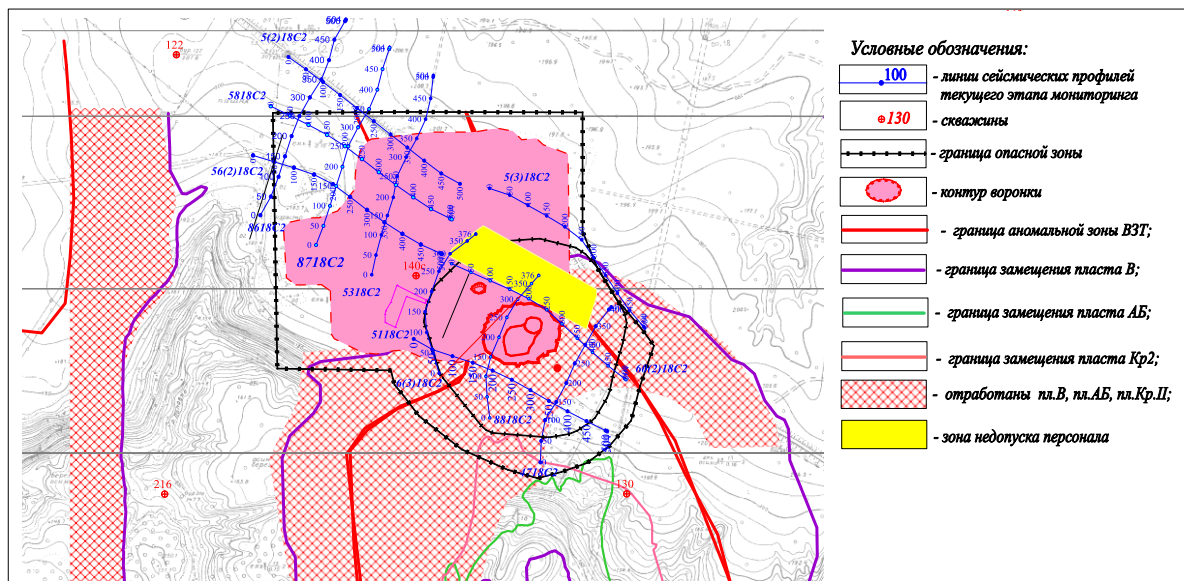


Рис. 1. Обзорная схема района работ

По результатам цифровой обработки и интерпретации на окончательных временных разрезах выделен ряд отражающих горизонтов (ОГ). Они, в соответствии с результатами скоростного анализа и геологоразведочными данными, приурочены к кровле: пласта известняка в терригенно-карбонатной толще (ТКТ\*), соляно-мергельной толщи (СМТ), верхним пластам каменной соли в нижней части соляно-мергельной толщи (ВС), карналлитового пласта Е (Ек), сальвинитовой пачки (Сил.) и к интервалу маркирующей глины (МГ).

В пределах исследуемого интервала геологического разреза на профильных линиях выделен ряд участков с разного рода осложнениями волнового поля. В качестве основных признаков предполагаемых осложнений геологического разреза рассматриваются: нарушение корреляции отражающих горизонтов, снижение значений эффективных скоростей и повышенное затухание сейсмической записи (рис. 2).

В районе провала негативные изменения сейсморазведочных параметров охватывают весь исследуемый интервал глубин от СМТ до подошвы продуктивной толщи.

По результатам цифровой обработки и интерпретации сейсморазведочных данных выделены области, связанные с процессами дезинтеграции породного массива. В районе провала они объединяются в эллипсоидную зону, вытянутую относительно провала в северном направлении. Для северо-западного потенциально-опасного участка отмечается развитие, ранее выявленного в 2017г. эпицентра негативных изменений в восточном направлении.

По результатам количественной оценки изменчивости скоростей распространения упругих волн наблюдаются негативные изменения к западу от основной воронки, начиная с интервала СМТ (рис. 3).

Сравнительный анализ изменения упругих параметров породного массива за период ноябрь 2017г-май 2018г. подтверждает северное преобладающее направление развития процессов разрушения, обусловленных основным провалом. И также отмечено дополнительное западное направление его развития. Максимальные негативные признаки дезинтеграцион-

ных процессов и падение значений скоростей распространения упругих волн в северном направлении выделяются в интервалах соляно-мергельной и верхней части продуктивной толщ, а в западном для всего исследуемого интервала геологического разреза (рис. 4).

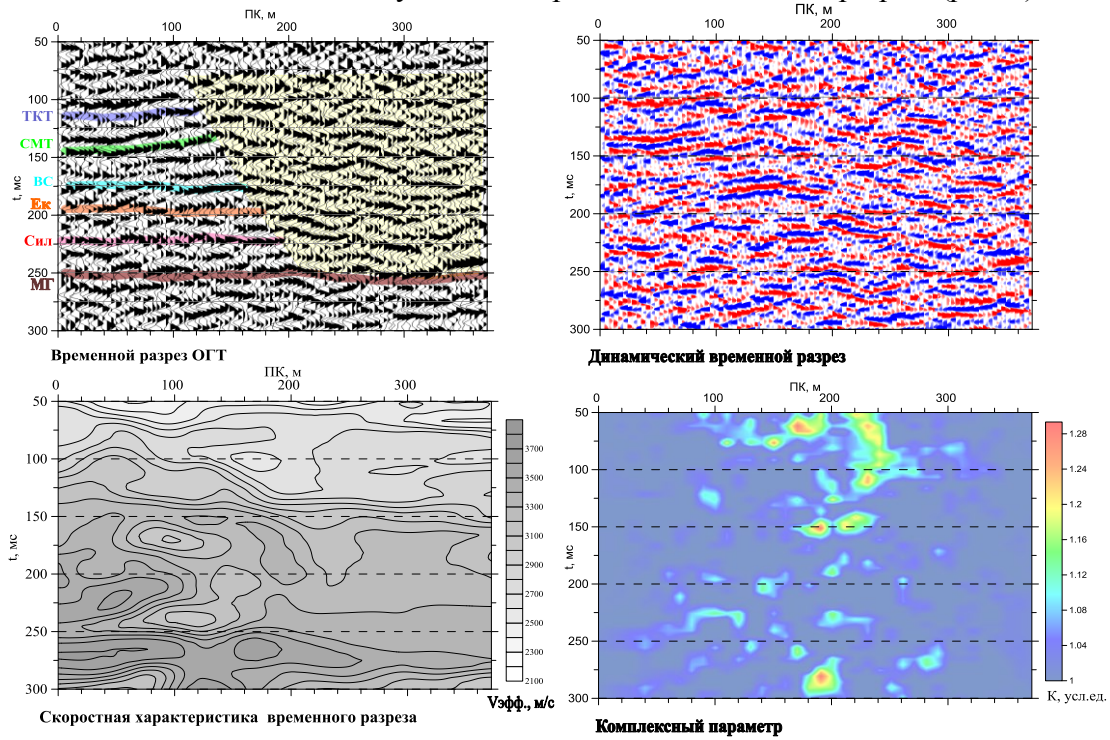


Рис. 2. Результаты цифровой обработки

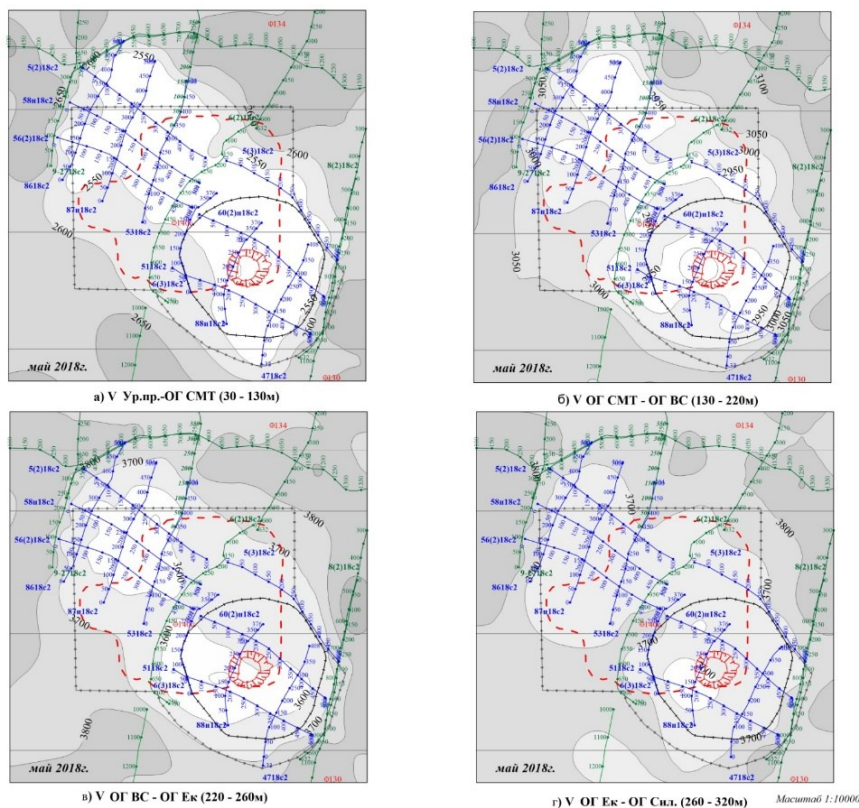


Рис. 3. Схемы интервальных скоростей (май 2018 г.)

Северо-западный потенциально-опасного участок наиболее контрастно по падению значений скоростей распространения упругих волн выделяется в верхней части продуктивной толщ с относительным затуханием к поверхности наблюдений.

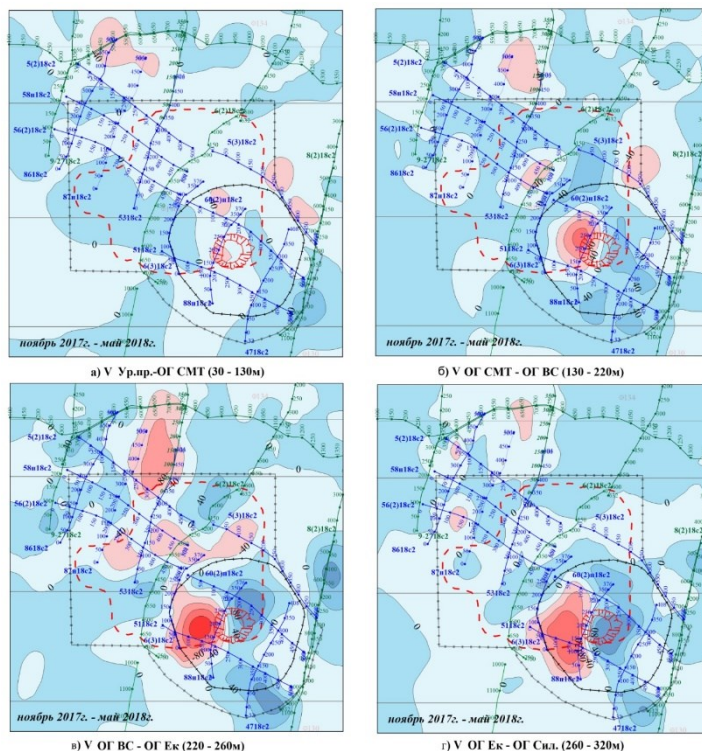


Рис. 4. Схемы временной изменчивости интервальных скоростей (ноябрь 2017г.-май 2018 г.)

Также анализируемый период характеризовался аномально высоким уровнем микро-сейсмической активности. Мониторинговой системой было зарегистрировано свыше 3000 сейсмических событий, связанных с процессами разрушения в горных породах (рис.5). Максимального уровня сейсмическая активность достигла в последних числах апреля, этот процесс завершился формированием новой воронки, появившейся на земной поверхности 2 мая. В начале мая практически все эпицентры сейсмических событий также располагались в районе новой воронки, однако к середине месяца была отмечена их миграция на юго-восток, в район северного и северо-восточного бортов «большой» воронки. По представленным данным видно, что подавляющее большинство сейсмических событий приурочено к анализируемым нами интервалам пород.

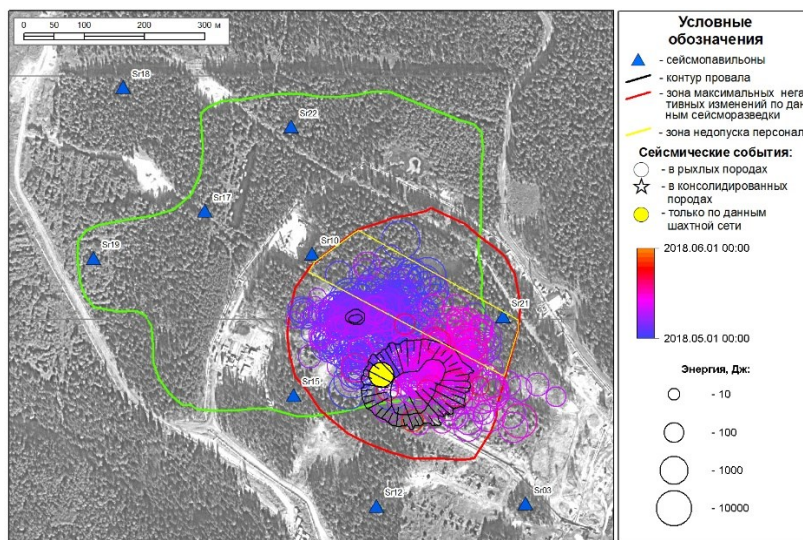


Рис. 5. Схема расположения эпицентров сейсмических событий, зарегистрированных в мае 2018 г.

На дальнейшем этапе мониторинга по результатам цифровой обработки и интерпретации сейсморазведочных данных выделенные зоны, которые связаны с процессами дезинтеграции породного массива, объединяются в одну область, вытянутую в северо-

западном направлении. В ее пределах на юго-востоке и северо-западе выделяются зоны максимальных негативных изменений сейсморазведочных параметров.

Сравнительный анализ изменения упругих параметров породного массива за период июль-сентябрь 2018 года также подтверждает усиление негативных тенденций в состоянии породного массива на северо-запад от провала. Здесь относительное ухудшение упругих свойств отмечается для всех исследуемых интервалов геологического разреза (рис.6).

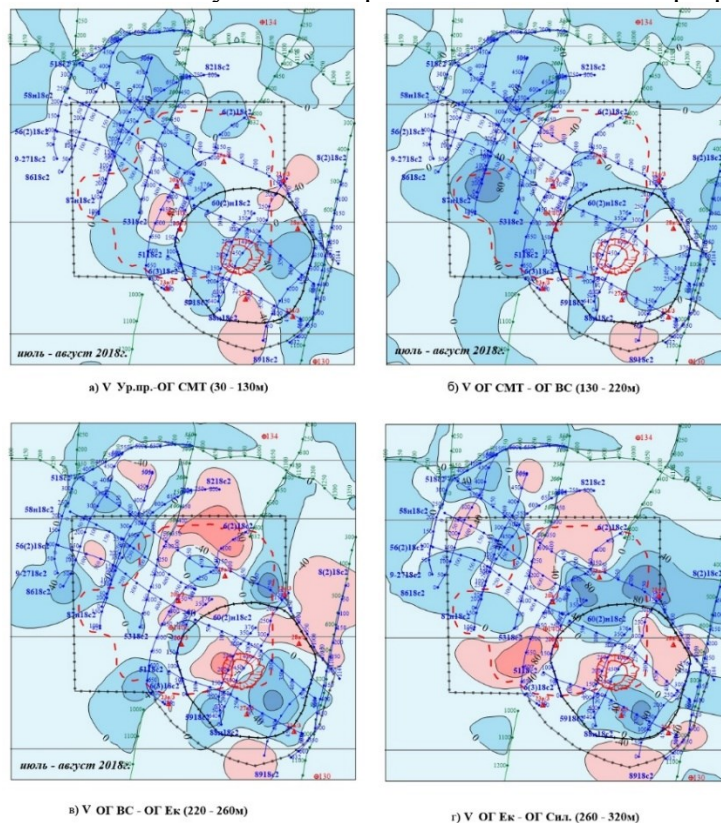


Рис. 6. Схемы временной изменчивости интервальных скоростей (июль-август 2018 г.)

По результатам сейсмологического мониторинга за анализируемый период в первой половине августа произошло значительное возрастание микросейсмической активности к западу от «большой» воронки, а во второй половине месяца произошла активизация в районе ее северо-восточного борта, что также согласуется с нашими данными (рис 7).

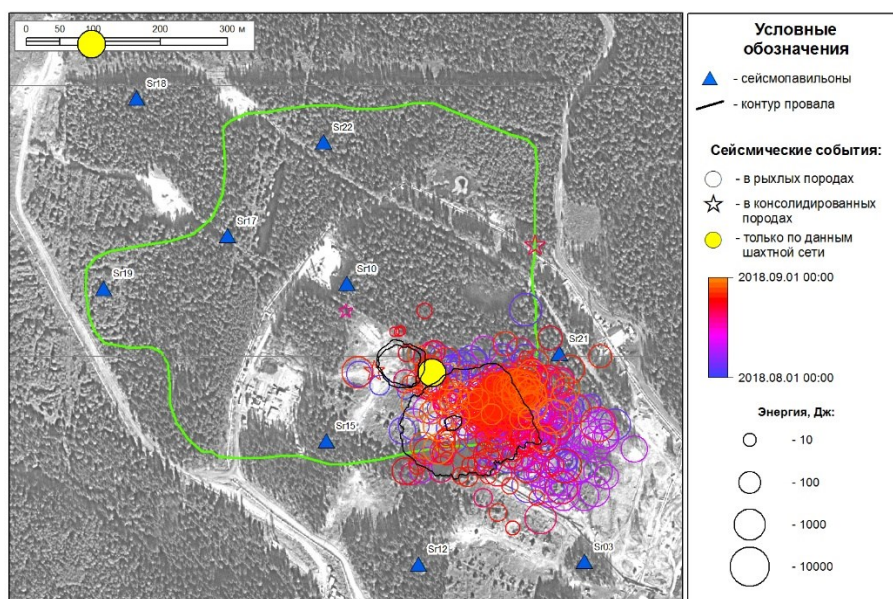


Рис. 7. Схема расположения эпицентров сейсмических событий, зарегистрированных в августе 2018 г.

Согласно результатам геофизических работ за весь период наблюдений устойчивая негативная динамика в изменениях упругих параметров породного массива отмечается у юго-восточной и северо-западной границ зоны обрушения 1995 года. Зоны, связанные с процессами дезинтеграции породного массива в пределах аварийного участка, по сейсморазведочным данным объединяются в одну область, вытянутую в северо-западном направлении. В ее пределах на юго-востоке и северо-западе выделены границы максимальных негативных изменений упругих параметров породного массива, которые пространственно коррелируются с распределением сейсмособытий, что позволяет оценить вероятные интервалы их дислокаций.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санфиров И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ / ГИ УрО РАН. – Екатеринбург, 1996. – 168 с.
2. Петротектонические основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей / под ред. Н.М. Джиноридзе. – СПб; Соликамск, 2000. – 400 с.

УДК: 550.834

DOI:10.7242/echo.2019.3.17

## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ШАХТНЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ДАННЫХ НА УЧАСТКЕ УСКОРЕННЫХ ОСЕДАНИЙ

Т.В. БАЙБАКОВА

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** В статье представлены результаты шахтных сейсмоакустических исследований на объекте ускоренных оседаний. Профили располагались по краю мульды оседания. Проведён анализ полученных материалов: временных разрезов, динамических, разрезов в различных диапазонах частот; скоростных характеристик. Проведены расчёты по распределению вероятной пустотности на площади работ. Спрогнозированы причины осложнений волнового поля.

**Ключевые слова:** шахтные сейсмоакустические исследования, техногенные деформации, оседания, пустотность, кинематические и динамические параметры волнового поля.

В статье представлен объект, расположенный на северо-востоке рудника БКПРУ-4, где идут активные оседания. К техногенным дислокациям относят все проявления разрывных и пластических деформаций горных пород, возникших в результате погашения отработанного пространства. Выемка горных пород и образование пустот в камерах приводит к снятию литостатического давления внутри горного массива, что вызывает нарушение равновесия в системе всестороннего давления и, как следствие, - сдвигание горных пород в субвертикальном направлении с образованием техногенных структур. Техногенные деформации происходят в относительно короткий промежуток времени по сравнению с тектоническими (природными) [1]. С точки зрения безопасности ведения горных работ нас интересует краевые зоны мульды оседания, которые характеризуются повышенным напряжением.

На изучаемом участке (рис. 1) с запада на восток проходит маркшейдерский профиль, с 2012 года максимальные суммарные оседания составили 300мм, а за 2018 год – 107мм. Изолинии оседаний образуют техногенную структуру типа мульды. Шахтные профили располагались по краю мульды оседания- на севере, востоке и юге. Работы выполнены по системе не продольного профилирования по пластам АБ (Панельный вент. Штрек и 6-7 зап. Бл) и Кр3 (5 зап. Бл.) ПП располагались в почве штрека, ПВ – в кровле соседнего штрека.

Шахтные профили обрабатывались с оптимальными параметрами систем наблюдений для шахтных сейсмоакустических исследований методом МОГТ:

Из ранее выполненных работ на севере проходит профиль наземной сейсморазведки №46 2009 года

Площадь работ характеризуется сложным геологическим строением. На востоке Джиноридзе Н.М. выделена аномальная зона ВЗТ 3-й группы, которая сопровождается такими геологическими неоднородностями, как: зоны разрывных и флексурно-складчатых деформаций, зоны открытых трещин растяжения и сдвиговых дислокаций. Конец профиля панельного вентиляционного штрека заходит в аномальную зону ВЗТ. Несомненно, геологические неоднородности оказывают влияние на регистрируемое волновое поле.