

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА В ПРЕДЕЛАХ АВАРИЙНОГО УЧАСТКА ПО СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫМ ДАННЫМ

М.М. Калашникова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Мониторинговые исследования на территории аварийного участка проводятся для оценки и предупреждения негативных последствий аварии. С этой целью применяются сейсморазведочные наблюдения. Негативные изменения упругих параметров породного массива на контролируемой территории отмечались в течение всего рассматриваемого периода. Прослеживается устойчивая тенденция расширения негативных изменений породного массива, вызванных гидрогеологическими процессами в районе провала и северо-западного потенциально-опасного участка. В итоге по сейсморазведочным данным установлено объединение эпицентральных областей и расширены границы максимальных негативных областей.

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

В 2020 году в пределах сейсмогеомеханического полигона на участке аварии с целью мониторинга состояния калийной залежи и перекрывающих ее отложений отработано 18 мониторинговых профильных линий. Для каждого этапа исследований по объективным технологическим причинам выбиралась разная компоновка профильных линий в пределах исследуемого участка (рис. 1). Реализованы продольные и непродольные системы регистрации с разнесением линий возбуждения и приема по разные стороны от провала. Непродольные профили спроектированы, исходя из необходимости прохождения линий общих глубинных точек непосредственно через проблемную зону в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях разреза. Они предназначены для интегральной оценки состояния породного массива в районе провала и северо-западного потенциально-опасного участка.

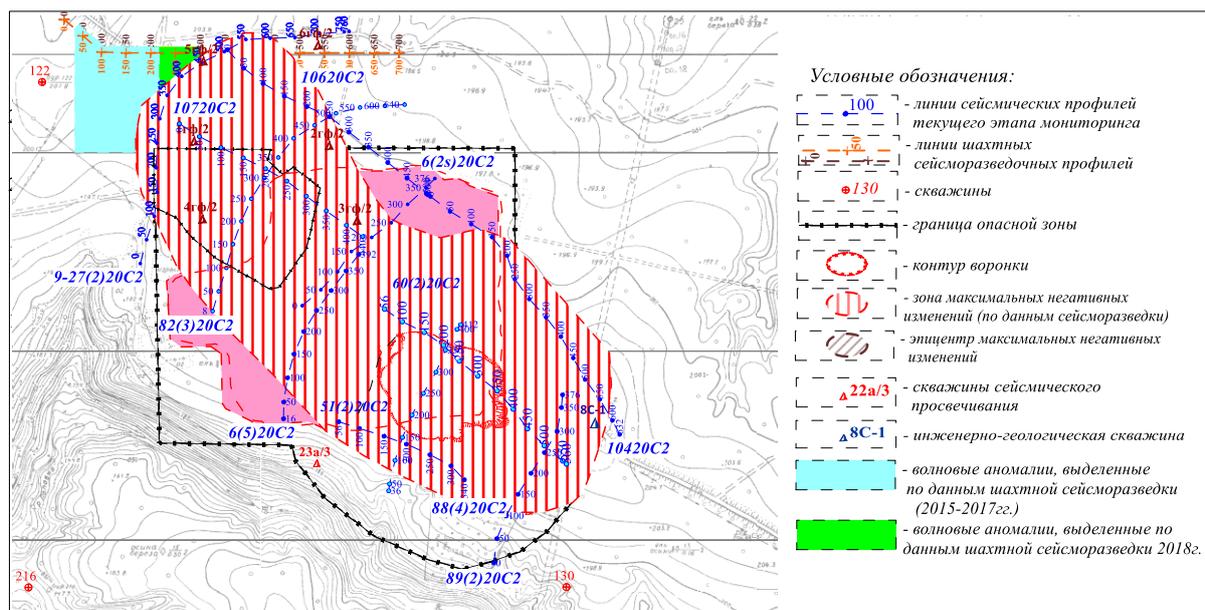


Рис. 1. Обзорная схема района работ

Полевой этап сейсморазведочных исследований выполнен по методике невзрывной малоглубинной сейсморазведки высокого разрешения с использованием интерференционной системы наблюдений по общей глубинной точке (ОГТ). Основными результатами цифровой обработки сейсморазведочных данных являются окончательные временные разрезы общей глубинной точки, которые совместно со скоростными характеристиками волновых полей и динамическими разрезами составляют информационную базу этапа интерпретации (рис. 2).

На окончательных временных разрезах в соответствии с геологической моделью и результатами скоростного анализа выделен ряд отражающих горизонтов (ОГ). Они приурочены к кровле: пласта известняков в терригенно-карбонатной толще (ТКТ), соляно-мергельной толщи (СМТ), первые выдержанные пласты каменной соли (ВС), пласта Е карналлитовой зоны (Ек), сильвинитовой зоны (Сил) и интервалу маркирующей глины (МГ).

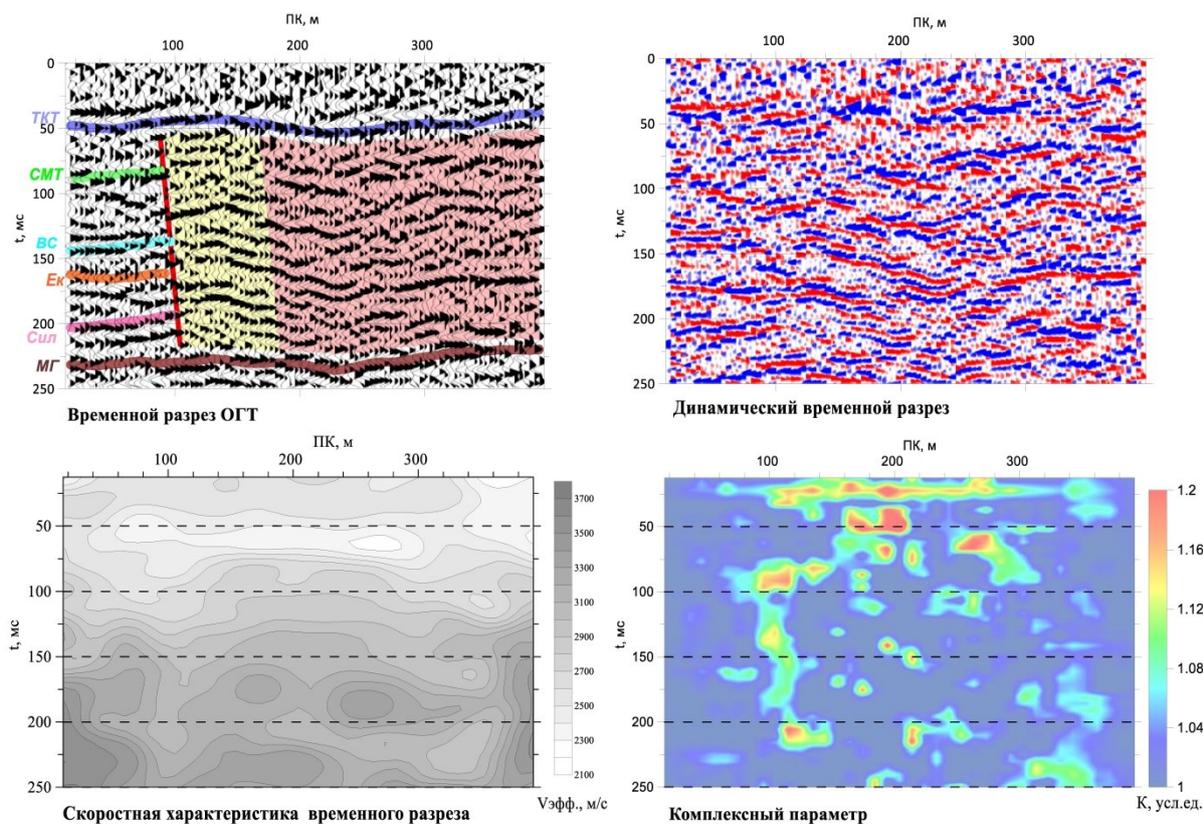


Рис. 2. Результаты цифровой обработки

Негативные изменения упругих параметров породного массива на контролируемой территории отмечались в течение всего мониторинга.

В первом квартале года негативная динамика относительно предыдущих этапов по особенностям волновой картины в юго-восточной части площади работ наблюдалась по периметру провала: 1) расширилась область эпицентра максимальных негативных изменений в северо-западном направлении по линии профиля № 5 до 650 м, 2) на западе сместилась на север до 200 м по линии профиля № 6 граница предполагаемой зоны интенсивных гидрогеологических процессов, 3) на востоке в районе пересечения профилей № 5 и № 8, как и в 2019 г. [2], отмечается наличие признаков деструктивных процессов в исследуемом интервале породного массива, 4) на юге от провала по линии профиля № 59 выделяется участок от 540 до 640 м блокового строения субвертикаль-

ной ориентировки относительно вмещающих отложений, отделяющийся от осложнения волнового поля, вызванного самим телом провала (рис. 3).

В северо-западной части контролируемой территории аналогичные сейсморазведочные признаки дезинтеграционных процессов в интервале соляно-мергельной толщи продолжают отмечаться в центре выделенного на предыдущем этапе участка на линии непродольного профиля (5) № 82 (260-380 м).

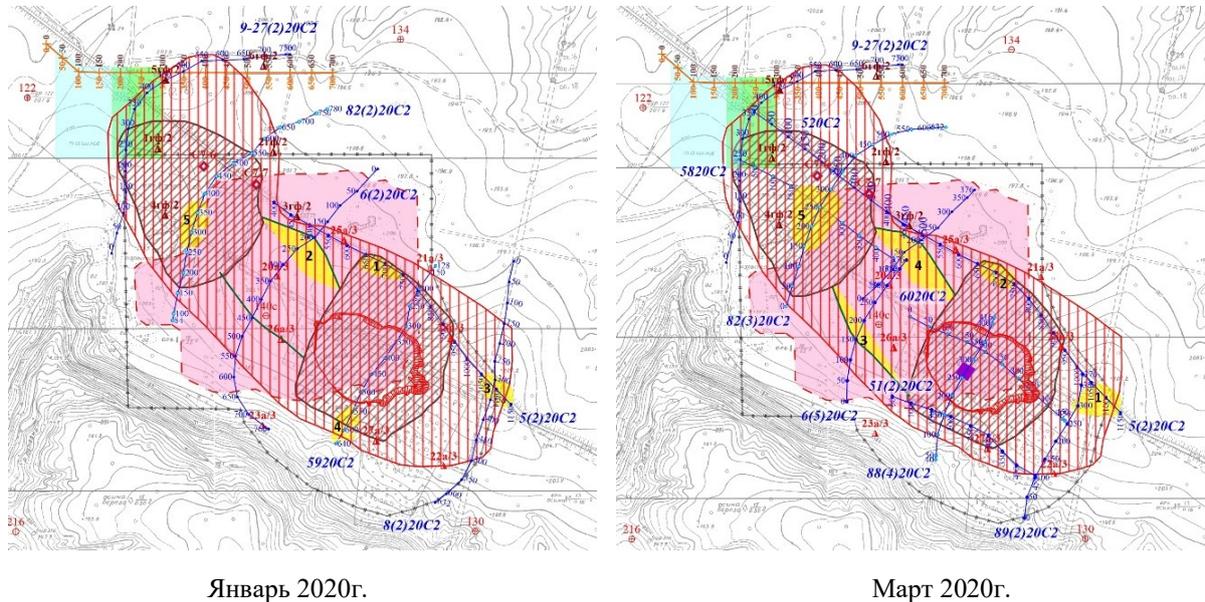


Рис. 3. Геофизические наблюдения за 1 квартал 2020 г.

В августе в северо-западной части контролируемой зоны выделяется область с вероятными динамическими поверхностным явлениями. В ее пределах можно выделить наиболее контрастный локальный участок. На остальных профильных линиях негативные изменения сейсморазведочных параметров не выходят за пределы ранее установленных границ. При этом следует отметить усиление контрастности негативных изменений на локальном участке в центральной части непродольного профиля № 59 в интервале надсоляной толщи.

В сентябре выделен ряд дополнительных по сравнению с предыдущими этапами участков с осложнениями волнового поля. Следует отметить участки по краям провала, отражающие вероятные направления его развития. Кроме того, выделено три точки, где отмечаются максимально негативные волновые признаки нарушения породного массива, начиная с соляно-мергельной толщи (рис. 4). Данные точки представляют потенциальную опасность по устойчивости приповерхностных отложений, и в их окрестностях до 20 м радиусом не рекомендуется размещение каких-либо объектов.

Выполнен количественный анализ временной изменчивости скоростей распространения упругих волн в исследуемых интервалах геологического разреза (рис. 5а) за период март-июнь 2020 г. На всей контролируемой площади незначительные негативные изменения отмечаются только для двух интервалов продуктивной толщи (Вс-Ек, Ек-Сил). При этом для обоих интервалов подобные изменения пространственно согласованы на северо-западе.

При оценке изменений скоростей распространения упругих волн за период 09.2020-12.2020 г. (рис. 5б) максимальными негативными изменениями отмечаются интервалы верхней части продуктивных отложений (ОГ Вс-Ек) и соляно-

мергельной толщи (ОГ СМТ-ВС). Для данных интервалов явно прослеживается тенденция ухудшения упругих свойств от провала в северо-западном направлении в район примыкания зоны обрушения 1995 года и межшахтного целика. В районе провала отмечается преобладающее северо-северо-восточное направление ухудшения упругих свойств всей соляной толщи, включая и соляно-мергельную (ОГ СМТ-ВС-Ек-Сил).

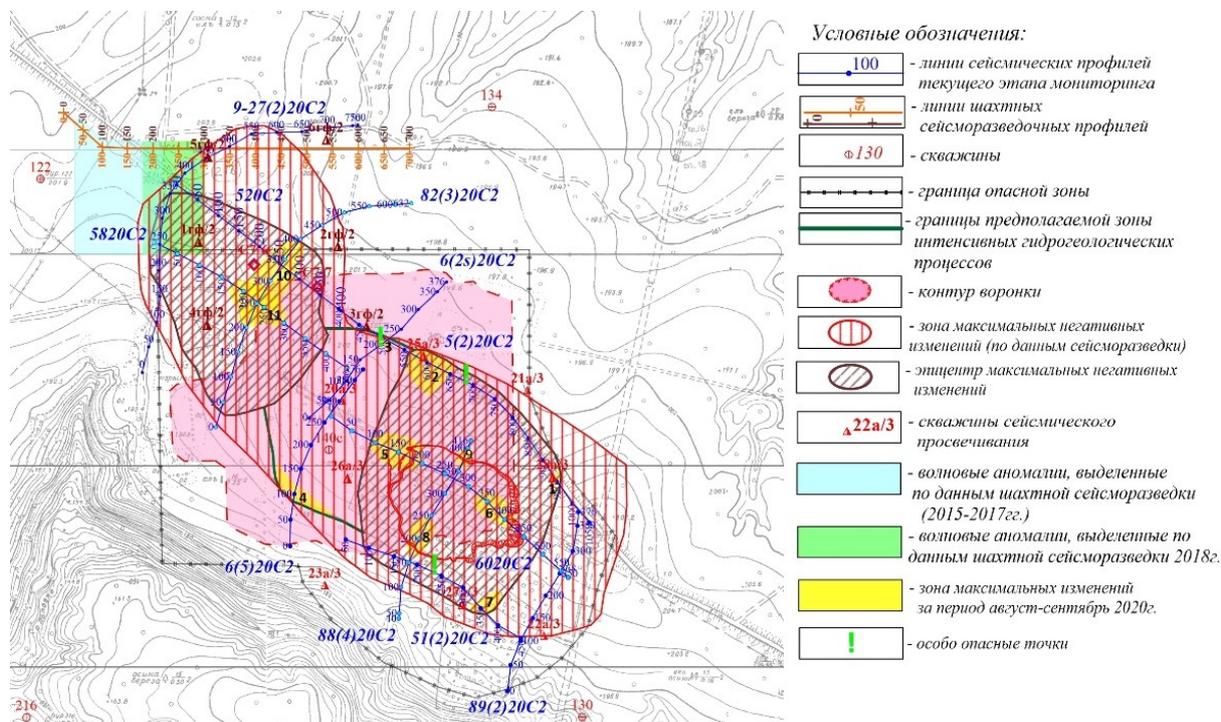


Рис. 4. Геофизические наблюдения за 3 квартал 2020 г.

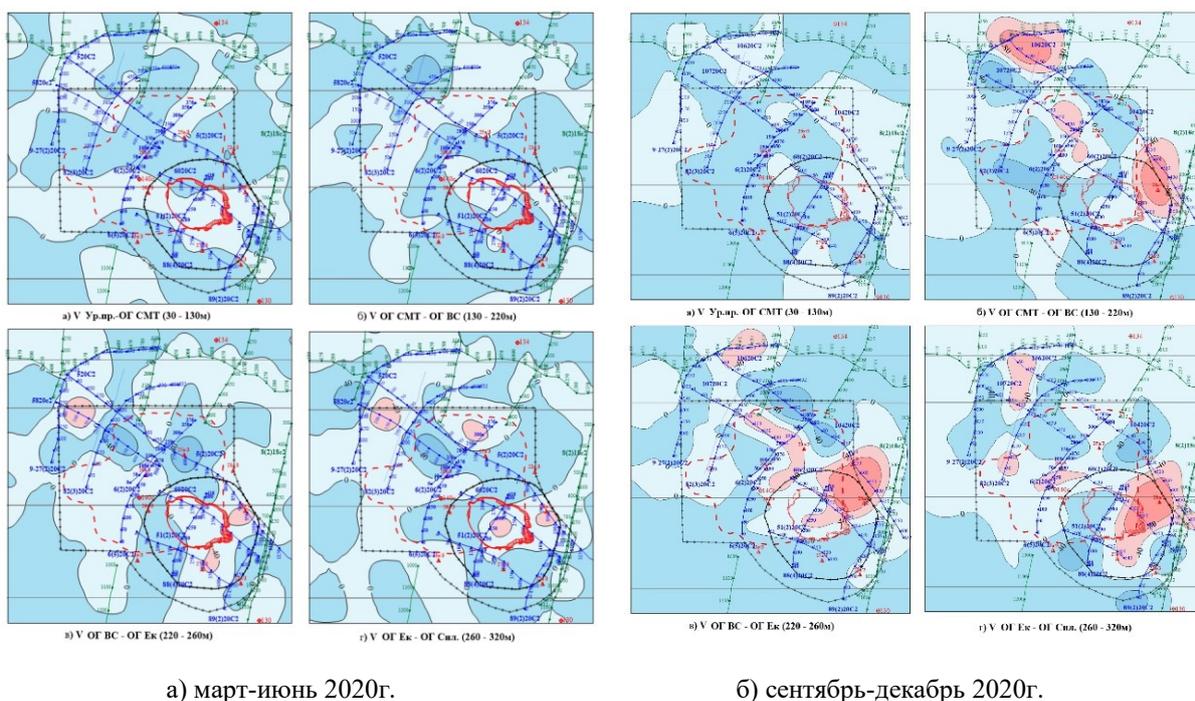


Рис. 5. Схемы временной изменчивости скоростей распространения упругих волн

Проведена оценка изменения скоростей распространения упругих волн за период 2014-20 гг. (рис. 6). Здесь максимальными негативными изменениями отмечается интервал верхней части продуктивной толщи (Вс-Ек). В пределах северо-западного потенциально-опасного участка для данного интервала выделяются его север и восток в районе пересечения южной границы межшахтного целика и зоны обрушения 1995 г. На юго-востоке контролируемой площади следует отметить западное и северное направления. На севере максимальные падения значений скоростей распространяются в направлении северо-западного потенциально опасного участка и южной границы межшахтного целика. На западе подобного рода негативные изменения значений скоростей распространения упругих волн охватывают остальные интервалы геологического разреза от продуктивной толщи до надсоляных отложений.

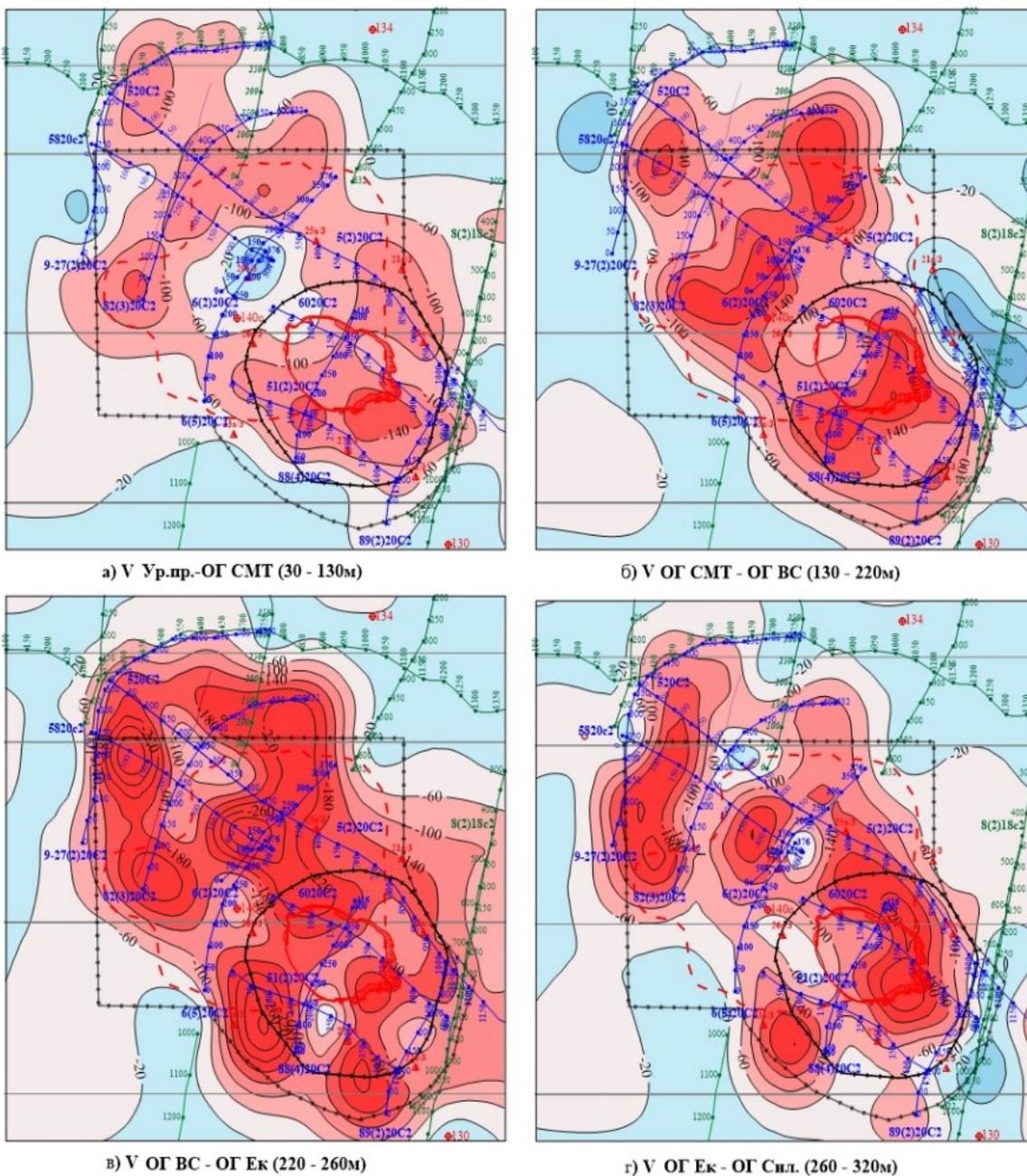


Рис. 6. Схемы временной изменчивости интервальных скоростей

В течение четвертого квартала наиболее устойчивые негативные тенденции в изменении сейсморазведочных параметров отмечались на профиле № 82 в северо-западной части контролируемой зоны (рис. 7), где по особенностям волновой картины выделяется участок с наибольшей вероятностью динамических поверхностных явлений. Кроме того, здесь следует отметить расширение области негативных изменений на профиле № 9-27 до 450 м, на профиле № 82 до 550 м. Изменения границ эпицентра согласуются с результатами обработки шахтных сейсморазведочных исследований целика между СКРУ-1 и СКРУ-2, где также отмечается расширение участка осложнений волнового поля до 350 м.

В пределах юго-восточной части контролируемой площади основные изменения конфигурации границ выделяемых зон отмечаются по его северо-восточной границе на новых профильных линиях 104 и 105. При этом в центральной части расширяется область влияния провала в северо-западном направлении, фиксируемая на профиле 6(5) до 150 м. Вероятная причина данных изменений – развитие дезинтеграционных процессов в породном массиве в северном и северо-западном направлении.

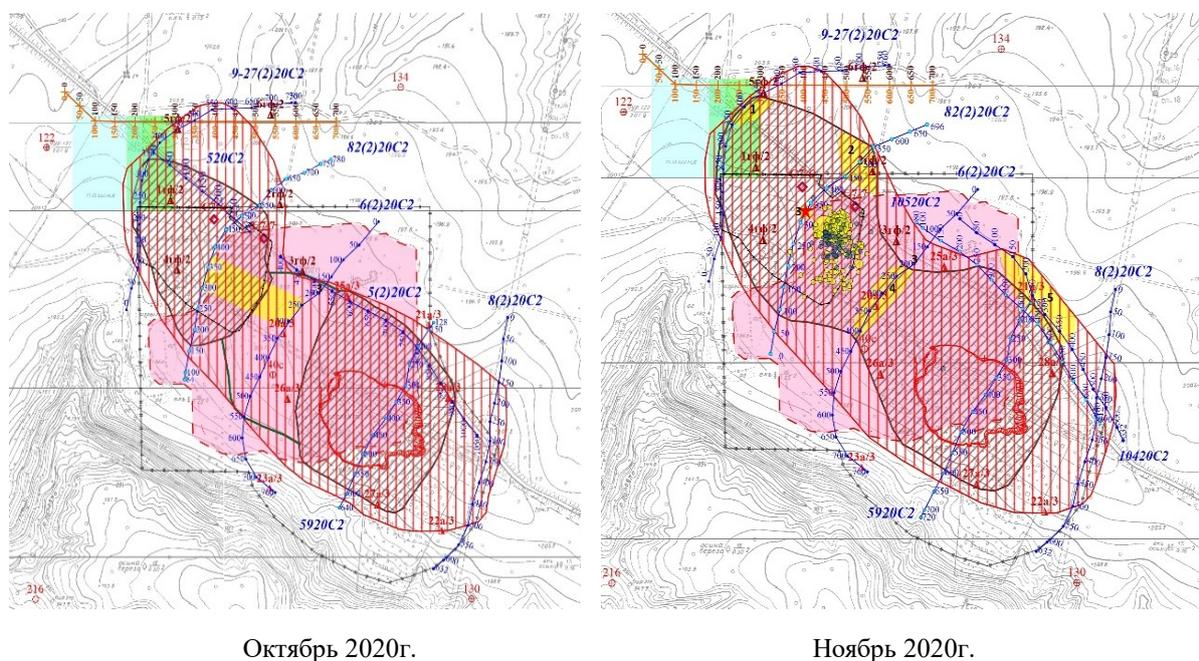


Рис. 7. Геофизические наблюдения за 4 квартал 2020 г.

За время мониторинга негативные изменения упругих параметров породного массива на контролируемой территории отмечались в течение всего рассматриваемого периода. Максимальными негативными изменениями скоростей распространения упругих волн отмечается интервал верхней части продуктивной толщи (Вс-Ек). В пределах северо-западного потенциально-опасного участка для данного интервала выделяется район пересечения южной границы межшахтного целика и зоны обрушения 1995 г. На юго-востоке контролируемой площади максимальные падения значений скоростей распространяются в направлении северо-западного потенциально опасного участка и в сторону завода по подготовке закладочных растворов.

По особенностям волновой картины в северо-западной части контролируемой зоны выделяется участок с наибольшей вероятностью динамических поверхностных явлений, в юго-восточной в центре заполненного провала выделялись верти-

кальные смещения отражающих границ, визуально формирующие «плоскость скольжения», возможно связанную со смещением техногенного заполнения в юго-западном направлении.

Прослеживается устойчивая тенденция расширения негативных изменений породного массива в пределах контролируемой территории, вызванных гидрогеологическими процессами в районе провала и северо-западного потенциально-опасного участка. В итоге по сейсморазведочным данным установлено объединение эпицентральных областей и расширены границы максимальных негативных областей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от 29 декабря 2020 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санфиоров И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ / ГИ УрО РАН. – Екатеринбург, 1996. – 168 с.
2. Калашникова М.М. Результаты комплексного мониторинга аварийной зоны на СКРУ-2 // Горное эхо. – 2020. – № 3 (80). – С. 72-77. – DOI: 10.7242/echo.2020.3.14.

УДК 550.853

DOI:10.7242/echo.2021.4.14

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ НОВЫХ ОТВЕТСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ г. ПЕРМИ ПО СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫМ ДАННЫМ

В.В. Никифоров

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация. Выполнены исследования физико-механических свойств грунтов по скважинам, расположенным на территории г. Перми. Проведен количественный анализ всех полученных материалов. Исследованы интегральные характеристики прочностных свойств, которые выражены в виде средневзвешенного значения предела одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии грунтов. На основании экспертных оценок определены наиболее ослабленные участки исследуемой территории.

Ключевые слова: инженерно-геологические свойства, экспертная оценка, ослабленные участки, методика.

Методика оценки состояния терригенно-карбонатной толщи (ТКТ) для подработанных территорий применялась в г. Березники [3] и г. Соликамск [1]. Площадка в г. Перми не является подработанной, поэтому проверка методики экспертной оценки в условиях техногенной городской застройки представляет практический и теоретический интерес.

Весьма интересной представляется проблема разработки интегрального показателя, который бы учитывал все виды воздействия на геологическую среду. Для этого необходимо проводить нормирование показателей, переводя их в безразмерные, относительные величины, например, использовать приведенные показатели к среднему значению по площади, либо к его максимальному (минимальному) значению.