

Моделирование условий залегания солей в зоне развития гипергенных процессов может способствовать более оперативному обнаружению опасных горно-геологических ситуаций. Полученная модель не является универсальной, а лишь отражает один из возможных вариантов залегания измененных солей. Синтетические расчеты широкого разнообразия обстановок залегания вторичных руд на основе физико-геологических моделей обеспечат горнодобывающую промышленность обширной фактологической базой признаков их проявления.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 19-45-590015)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байбакова Т.В., Ярославцев А.Г., Миронов С.А. Шахтные сейсмические исследования литологических неоднородностей // Инженерная и рудная геофизика – 2020: 16-я науч.-практ. конф., 14-18 сент. 2020. – Пермь, 2020. – DOI: 10.3997/2214-4609.202051061.
2. Бельтюков Г.В. Карстовые и гипергенные процессы в эвапоритах: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук: 04.00.01 / Бельтюков Герман Всеволодович. – Пермь, 2000. – 42с.
3. Джиноридзе Н.М., Мелкова Н.В., Павленский А.Н., Ковалевич В.М., Кузнецов Н.В., Плотников Ю.А. К проблеме происхождения зон замещения в пределах Верхнекамского месторождения калийных солей // Условия образования месторождений калийных солей: сб. науч. тр. / Ин-т геологии и геофизики АН СССР, Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1990. – С. 165-174.
4. Иванов А.А. О пестрых сильвинитах Верхнекамского месторождения калийных солей // Геология месторождений калийных солей: [сб. ст.]. – Л., 1963. – С. 153-180. – (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. Т. 99).
5. Копнин В.И. Строение водозащитной толщи Верхнекамского месторождения и вопросы ее формирования // Проблемы изучения водозащитной толщи на Верхнекамском месторождении калийных солей: материалы II регион. совещ. / АО «Уралкалий». – Березники, 1991. – С. 56-65.
6. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. – 2-изд., перераб. – М.: Эпсилон Плюс, 2013. – 368
7. Санфилов И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ / ГИ УрО РАН. – Екатеринбург, 1996. – 168.
8. Санфилов И., Бабкин А., Ярославцев А., Герасимова И., Фаткин К., Глебов С. Картирование локальных нарушений водозащитной толщи комплексом многоуровневых сейсморазведочных исследований различной размерности // Инженерная и рудная геофизика – 2019: 15-я юбилейная конф. и выставка, 22-26 апр. 2019. – Геленджик, 2019. – С. 485-495. – DOI: 10.3997/2214-4609.201901743.
9. Санфилов И.А., Бабкин А.И., Ярославцев А.Г. Комплексные методические решения в шахтной сейсмоакустике // Геофизика. – 2014. – № 5. – С. 10-15.
10. Ярославцев А.Г., Фаткин К.Б. Шахтные сейсмоакустические исследования при контроле предохранительных целиков в калийных рудниках // Инженерная и рудная геофизика – 2020: 16-я науч.-практ. конф., 14-18 сент. 2020. – Пермь, 2020. – DOI: 10.3997/2214-4609.202051043.

УДК 550.837

DOI:10.7242/echo.2021.4.12

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ МОНИТОРИНГОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Е.С. Зубрикова, А.А. Тайницкий
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация. В работе приводятся результаты мониторинговых электроразведочных наблюдений методом сопротивлений, выполненных в окрестностях обрушения на шахтном поле ВКМКС. Построенные схемы изменения кажущегося сопротивления во времени отражают процессы укрепления горного массива посредством закладки провала и закачивания по скважинам глинистого материала.

Ключевые слова: электроразведка, шахтное поле, провал, мониторинг, симметричное электропрофилеирование, кажущееся сопротивление, закладочный материал.

Изучение состояния подрабатываемого массива в условиях градопромышленных агломераций имеет большое значение как для безопасной разработки продуктивной толщи калийных пластов, так и для прогнозирования проседания дневной поверхности на территории промышленных и гражданских сооружений на шахтных полях ВКМКС. На данном объекте с целью контроля естественного развития провала начиная с 2015 года проводится комплексный ежемесячный мониторинг, включающий подземные натурные испытания массива и наземные мониторинговые наблюдения, которые, в частности, включают в себя сейсмические [2] и электрометрические наблюдения [4-7], а также газогеохимическое опробование [1].

Электрометрические наблюдения осуществляются методом симметричного электропрофилирования (СЭП). Метод СЭП относится к группе методов сопротивлений и позволяет изучать кажущееся сопротивление геологического разреза в горизонтальном направлении – вдоль линии профиля. При этом размеры и параметры установки, т.е. взаимное расположение питающих и приемных электродов остается постоянным [3]. Работы методом СЭП выполняются с шагом 20 м. Размеры питающей линий составляют АВ = 100, 200, 400 м, которые по глубине соотносятся с четвертичными отложениям, ТКТ и СМТ. Измерения на данном участке проводятся по нескольким профилям общей протяженностью более 2 км (рис. 1).

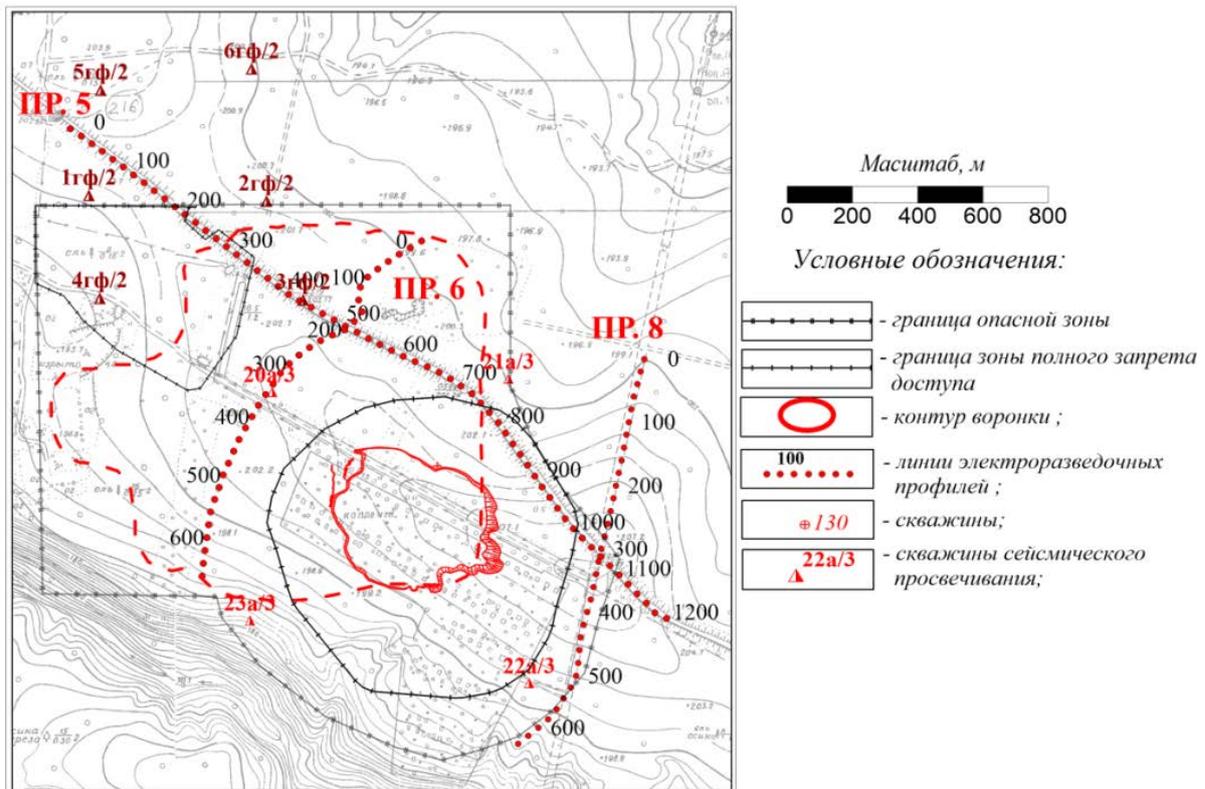


Рис. 1. Схема участка работ

При выполнении мониторинговых работ для своевременного контроля над обрушениями важно правильно оценить такие условия, как влажность и минерализация массива пород, а также сезонность работ. Стоит учесть, что начиная с 2016 года ПАО «Уралкалий» организовал мероприятия по укреплению породного массива

вблизи обрушения посредством засыпки провала конвейерным способом (рис. 2а), а так же закачки закладочного материала по трубам (рис. 2б) и скважинам (рис. 2в). Этот материал состоит из глинистой пасты с добавлением полимерных добавок. В исследуемый период за сутки поступало около 5000 м^3 такой пасты плотностью 1800 кг/м^3 , что равняется 7500 тон глины. Поскольку такой раствор обладает высокой электропроводностью, то внедрение данной смеси в породный массив естественно приводит к значительным понижениям сопротивлений, как следствие, электрометрические наблюдения в большей степени отражают распределение закладочного материала в зоне исследования.



Рис. 2. Замещение пород глинистым материалом а) конвейером, б) по трубам, в) по скважинам

В качестве примера такого влияния рассмотрим результаты мониторинговых работ с 2015 по 2020 год по профилю 5. При анализе данных за 5 лет видно, как менялось кажущееся сопротивление с течением времени. На фоне среднего сопротивления от 40 до 60 Ом*м можно выделить сезонные изменения с повышением сопротивления зимой до 90 Ом*м. Начиная с 2017 года по всему разрезу (рис. 3а, б, в), наступает резкое понижение сопротивлений до 10 Ом*м вблизи провала, что обусловлено внедрением закладочного материала в надсолевую толщу пород. Исходя из того, что метод СЭП становится наиболее чувствительным именно к глинистому раствору, по данным электро-разведки мы контролируем область и равномерность закладочного материала вдоль профиля.

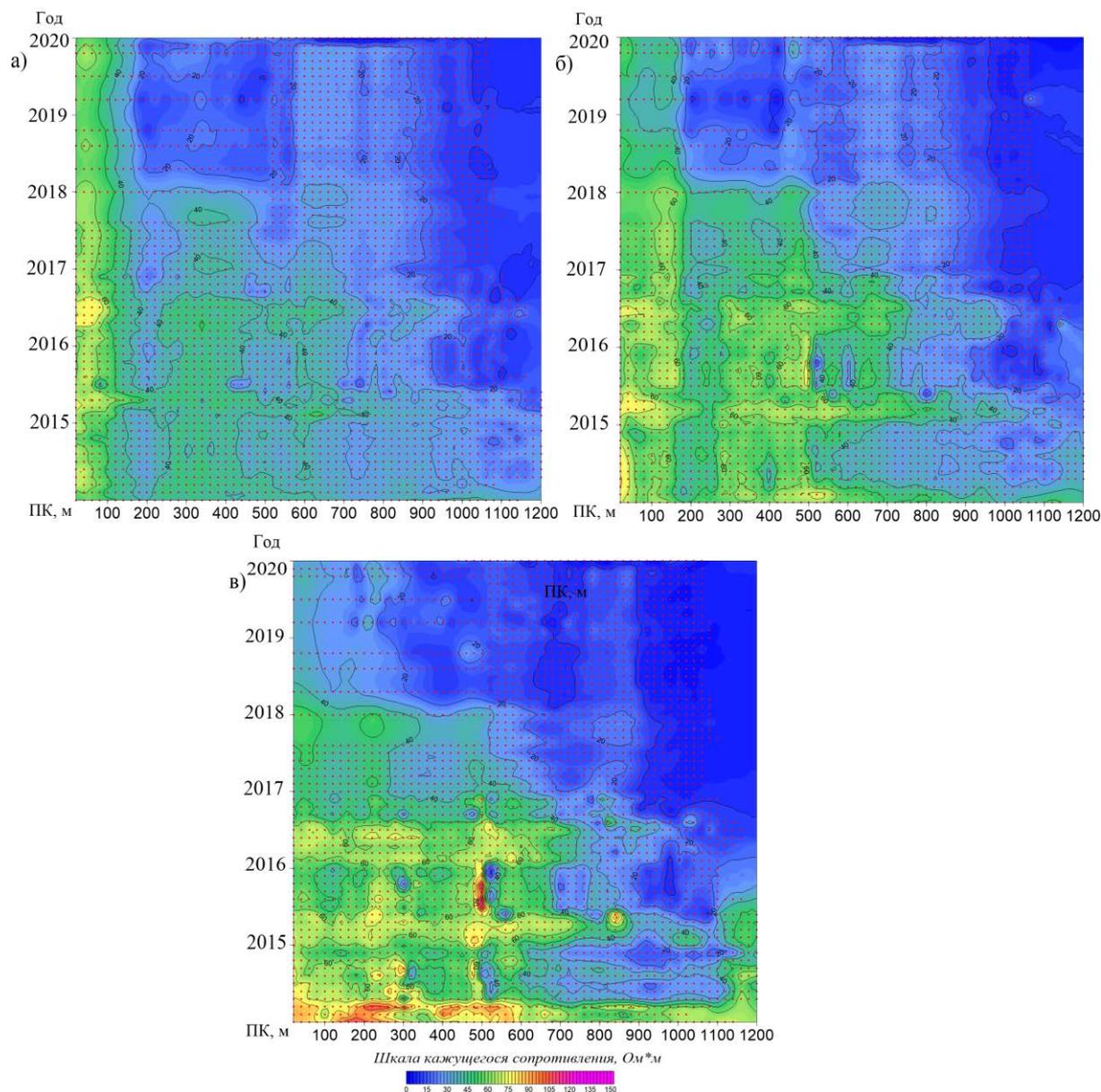


Рис. 3. Схемы изменения кажущегося сопротивления с 2015 по 2020 год по профилю 5 с разносами:
а) АВ = 100 м, б) АВ = 200 м, в) АВ = 400 м

Построенные схемы изменения кажущегося сопротивления во времени по другим профилям (рис. 4) позволяют отследить динамику формирования закладочного материала по площади во временном интервале.

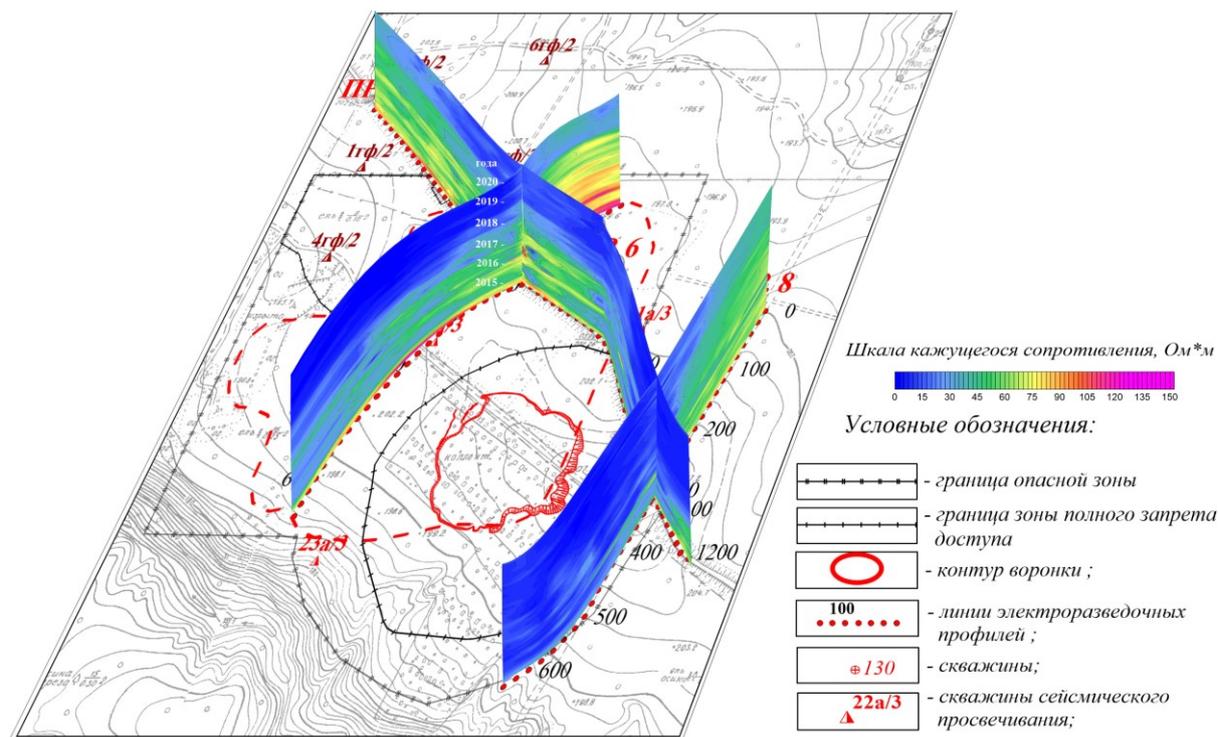


Рис. 4. Схема изменения кажущегося сопротивления с 2015 по 2020 год на разное АВ = 400 м

Таким образом, по данным электрометрии мы можем контролировать мероприятия по укреплению породного массива вблизи провала на шахтном поле ВМКС.

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. Бачурин Б.А., Борисов А.А. Современные газогеохимические технологии контроля процессов техногенеза при освоении ресурсов Верхнекамского региона // Горн. журн. – 2013. – № 6. – С. 78-82.
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.
3. Колесников В.П. Основы интерпретации электрических зондирований / ГИ УрО РАН. – М.: Науч. мир, 2007. – 247 с.
4. Тайницкий А.А. Результаты работ методом АМТЗ на аварийном участке СКПРУ-2 // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 11 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2013. – С. 218-219.
5. Христенко Л.А. Метод редких сочетаний при выделении зон инженерно-геологических осложнений по электроразведочным данным // Горное эхо. – 2021. – № 2 (83). – С. 64-69. DOI: 10.7242/echo.2021.2.13.
6. Hristenko L.A., Kichigin A.V., Parshakov E.I., Shiryayev K.N., Stepanov Y.I., Tainickiy A.A. Improvement of interpretation of the monitoring data electrical investigation by means of the theory of estimates // Engineering Geophysics 2017: 13th Conference and Exhibition on Engineering Geophysics 2017. – Kislovodsk, 2017. – Code 129037. – DOI: 10.3997/2214-4609.201700419.
7. Khristenko L.A., Stepanov Ju.I., Kichigin A.V., Parshakov E.I., Tainickiy A.A., Shiryayev K.N. Using of Probabilistic-Statistical Characteristics in the Interpretation of Electrical Survey Monitoring Observations // Practical and Theoretical Aspects of Geological Interpretation of Gravitational, Magnetic and Electric Fields: Proceedings of the 45th Uspensky International Geophysical Seminar, Kazan, Russia / ed. D. Nurgaliev, N. Khairullina; Kazan Federal University. – Springer, Cham, 2019. – P. 313–320. – (Book series: Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences). – DOI: 10.3997/2214-4609. 201700419.