

УДК 622.83

А.Л. Замятин

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ КАРСТООБРАЗОВАНИЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ***

Семинар № 3

Северо-Уральский бокситовый район является уникальным гидрогеологическим объектом, не имеющим себе равных в России и за ее пределами. Сложность геологической структуры продуктивной толщи, обусловленная ее тектонической нарушенностью, фациальная изменчивость пород в плане и в разрезе, высокая проницаемость карбонатных отложений, сопровождаемая их закарстованностью, интенсивное питание подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков и поглощения речного стока - все это обусловило высокий уровень обводненности подземных разработок.

В качестве одной из мер снижения водопритоков в зону ведения подземных работ используется пропуск рек по эксплуатационным каналам, облицованных железобетоном. В процессе их эксплуатации железобетонная отделка каналов нарушается, вызывая утечки воды в подземное пространство.

Лабораторией сдвижения горных пород и предотвращения техногенных катастроф ИГД УрО РАН была проделана работа по изучению состояния грунтов в основании канала геофизическими методами на двухсотметровом участке между ПК 14 и ПК 16. Необходимо было обнаружить пусто-

ты под облицовкой канала и до глубины 25 м, определить их параметры и построить литологический разрез на исследуемую глубину.

Для решения поставленных задач в работе проведены полевые экспериментальные исследования строения массива горных пород в основании канала комплексом геофизических методов, включающим электроразведку в вариантах вертикального зондирования и срединного градиента, спектральное сейсмопрофилирование и георадарное зондирование. Проведенный комплекс исследований позволил решить поставленные задачи и разработать рекомендации по мерам поддержания эксплуатационной надежности канала.

Вертикальное электроразведочное зондирование производилось в двух точках на правом берегу канала. Максимальные полуразносы питающих электродов для обеих стоянок АВ/2 составляют 90 м, что обеспечивает глубину исследования массива 30 м. Методом срединного градиента пройдено 3 профиля (см. рис. 1). Один профиль проложен по левому берегу канала два параллельно друг другу на расстоянии 18 м по правому берегу. При этом предполагалось построить геоэлектрическую модель по обоим планшетам, в том числе непосред-

*Работа выполнена при поддержке РФФИ и Совета по грантам Президента РФ ведущих научных школ.

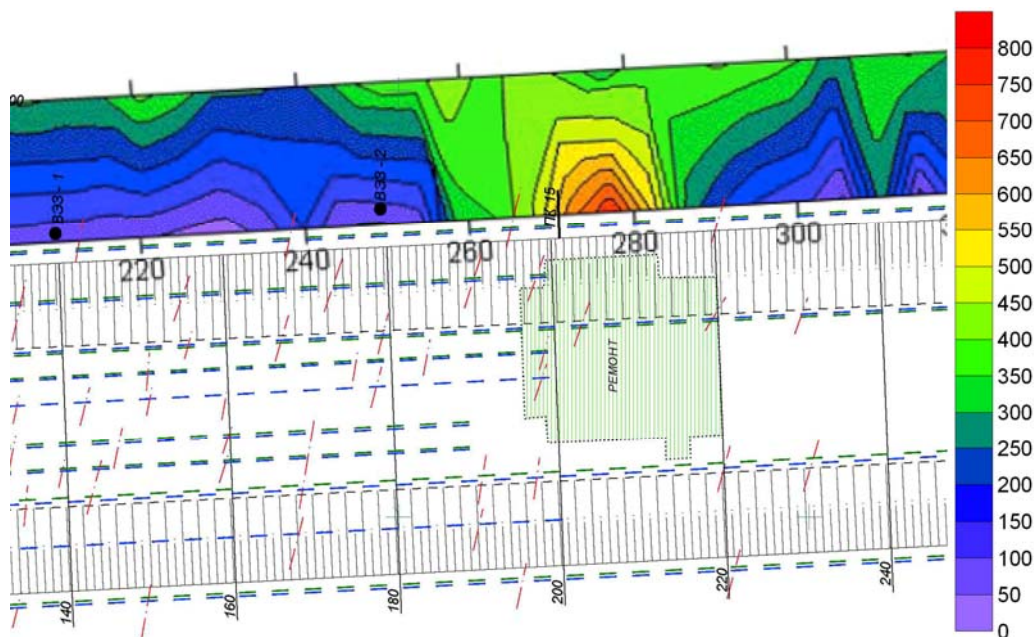


Рис. 1. План исследуемого участка работ канала р.Вагран с геоэлектрической моделью правого берега

венно под каналом. Однако наличие канала между профилями левого и правого берегов внесло существенные помехи в строение электрического поля исследуемого участка канала и не позволило интерпретировать результаты правого и левого берегов в общий планшет. Построение планшета геоэлектрической модели оказалось возможным лишь по двум профилям правого берега.

Исследование структуры массива горных пород методом спектрального сейсмопрофилирования проведено по 10 профилям, проложенным вдоль канала (см. рис. 1), в том числе 6 профилей по дну канала, по одному профилю по наклонным стенкам и по одному профилю по правому и левому берегам. Точки зондирования на профилях расположены через 2 м.

Георадарное зондирование массива горных пород в основании канала

производилось по тем же профилям, что и спектральное сейсмопрофилирование, кроме стенок канала, где зондирование затруднено по техническим причинам установки прибора на наклонной плоскости. Совмещение профилей обеспечивает дублирование результатов, повышая их достоверность. Всего пройдено 7 профилей (см. рис. 1), из которых 5 проложено по дну канала, а 2 по его берегам. Глубина зондирования принята равной 30 м, расстояние между точками зондирования по профилям составляет 0,5 м.

На участке от 140 м до 190 м сопротивление пород неоднородны в широтном направлении, что свидетельствующим о наличии небольшого нарушения продольного направления. На этом участке сопротивления пород в поперечном направлении изменяется от 50-100 Ом до 450 Ом. Крепкий массив горных пород про-

слеживается на участке 220-245 м, здесь сопротивление пород достигает 700-800 Омм.

Таким образом, массив горных пород, подстилающий исследуемый участок канала, имеет высокую степень неоднородности свойств, отражаемых геоэлектрическими характеристиками, как в плане, так и по глубине. Из полученных результатов на первом этапе можно предположить, что наиболее вероятные участки нарушения облицовки канала приурочены к участкам слабых трещиноватых обводненных пород, контактирующих с крепкими высокоомными породами.

Сейсмограмма отражает, в целом, однотипный геологический разрез по профилю. До глубины 7,5-10 м залегают деструктурированные породы, которые могут быть представлены обломочно-блочным материалом без упорядоченных структурных элементов. Это могут быть либо продукты выветривания, либо результат техногенного нарушения первичных скальных пород. Далее до глубины 35-40 м идут первичные породы с развитой трещиноватостью различной направленности. И лишь на глубине 35-45 м прослеживается четкий контакт слоистости, рассеченный во многих местах поперечной секущей крупной трещиноватостью тектонического типа.

Следует отметить, что в данном случае нарушение массива хорошо прослеживается по более глубоким слоям, залегающим на глубинах 30-50 м. Слои, залегающие выше имеют развитую хаотичную трещиноватость, по которой трудно выделить упорядоченные структурные особенности. Кроме того, метод ССП не позволяет оценить самый верхний слой мощностью до 2,5 м, поэтому не дает информации о небольших пустотах на этих глубинах.

На профиле 4 на участке 190-220 м прослеживается явный разрыв пластообразных структур. В центральной его части проходит разрывное нарушение. Весь участок заполнен деструктурированными породами с образованием провальной воронки.

Процесс карстообразования присущ разрывным нарушениям в разной мере. На исследуемом участке канала о явном наличии карстовых явлений можно говорить лишь на участке 180-220 м, на профиле 4 (рис. 2). Причем, карстовые области заполнены деструктурированными породами. На остальных разрывных нарушениях карстовые проявления явно не выражены. Метод ССП, давая информацию о глубинной части массива пригоден для определения крупных карстовых проявлений, которые в приповерхностных деструктурированных породах фиксируются менее контрастно.

Очень показателен в отношении нарушения и возможного карстопроявления профиль 3 левый, пройденный вдоль сопряжения правого откоса и дна канала (рис. 2). Зона нарушения на нем прослеживается от пикета 90-92 м и заканчивается на пикете 262 м. Причем, на этой зоне, которая отделена от предыдущей условно, также через 10-15 м, а иногда через 20-25 м, прослеживаются развитие проседаний подушки насыпных пород, что может вызвать образование пустот под облицовкой канала. Особенно выражены эти процессы на участке 125-135 м, 150-170 м и от 195 м до 260 м, где эти проседания прослеживаются без разрывов. От 260 м и далее следует участок относительно спокойный и однородный, хотя граница зоны выветрелых пород на нем опускается до 12,5 м.

Таким образом, из сопоставления данных зондирования обоими мето-

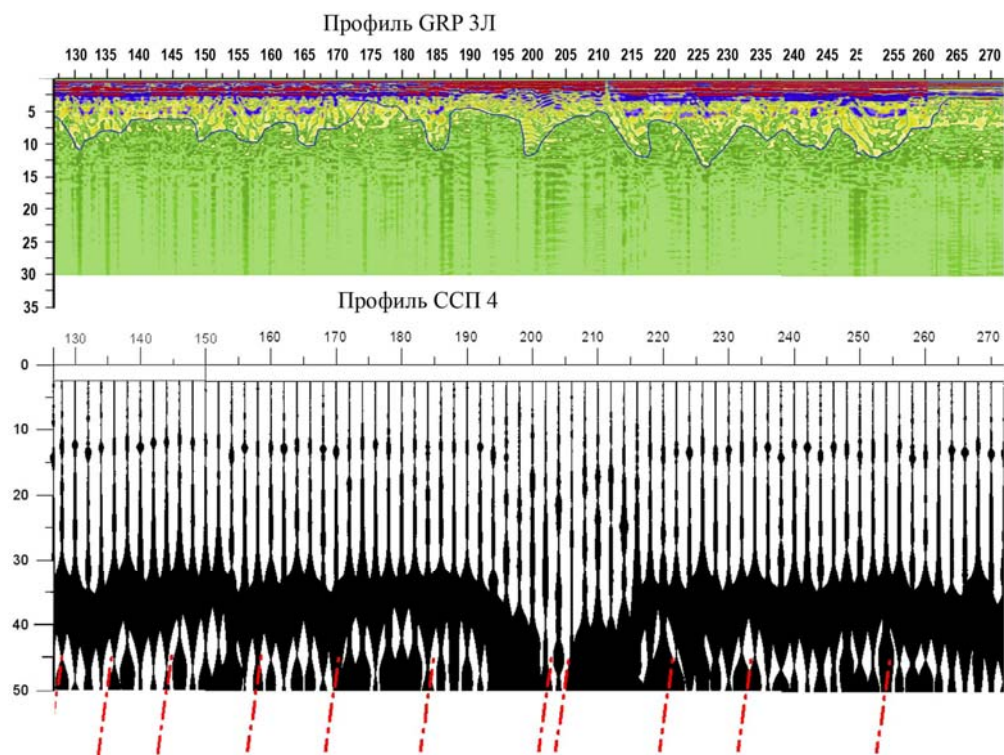


Рис. 2. Результаты измерений спектрального сейсмопрофилирования и георадарного зондирования

дами следует, что разрушение железобетонной облицовки канала может быть обусловлено не только развитием карстовых процессов в подстилающем массиве горных пород, но и наличием активных структурных нарушений. Современные геодинамические движения трендового и циклического характера, происходящие по ним, могут без процессов карстообразования вызвать разрушение железобетонной облицовки.

Выполненный комплекс исследований позволил на исследуемом участке канала выделить все имеющиеся проблемные зоны, приуроченные к структурным нарушениям, часть из которых осложнены процессами карстообразования. Часть выделенных зон хорошо согласуются по месту с

начальными формами разрушения, проявляющимися пока в виде трещин, и с уже разрушенными участками, находящимися в ремонте. Большое число структурных нарушений, выявленных в массиве горных пород, которые не всегда сопровождаются процессами карстообразования и не всегда соответствуют разрушениям облицовки канала, свидетельствует, что изучение структуры массива не решает окончательно проблемы диагностики и прогноза состояния канала для обеспечения его эксплуатационной надежности. Сами по себе структурные нарушения в массиве не ведут к нарушению облицовки. Нужны деформации – источник разрушения. Деформации это современная геодинамическая активность - современные

трендовые и циклические геодинамические движения.

Следовательно, требуется оценка геодинамической активности структур, которая может производиться только экспериментальным путем с применением технологий спутниковой геодезии GPS.

На основе выполненных исследований и предшествующего опыта фундаментальных исследований по предотвращению катастроф на объектах недропользования в работе сформулирована рабочая версия, в соответствии с которой разрушение облицовки канала происходит под действием геодинамических движений по активным структурным нарушениям. В тех случаях, когда возникают благоприятные условия для формирования подземных потоков через разрушение облицовки и в подвижном структурном нарушении, в нем могут

происходить процессы карстообразования.

Результаты исследований позволяют предложить методику диагностики состояния канала, на основании которой могут быть разработаны меры по обеспечению его эксплуатационной надежности, включающая следующие этапы:

- построение геолого-тектонической модели трассы канала по фондовым материалам;
- мелкомасштабные исследования структуры массива горных пород с выделением проблемных участков;
- крупномасштабное детальное исследование проблемных участков;
- диагностика современной геодинамической активности проблемных участков;
- прогнозная оценка сроков формирования разрушений.

Благодарю за помощь в подготовке доклада своего научного руководителя заведующего Лабораторией сдвижения горных пород и предотвращения техногенных катастроф Института Горного Дела УрО РАН доктора технических наук Сашурина Анатолия Дмитриевича.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Введение* в георадиолокацию. Владов М.Л., Старовойтов А.В. /МГУ – Москва, 2004., 154 с. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Замятин А.Л. – аспирант, мл. научный сотрудник, Институт горного дела УрО РАН, г.Екатеринбург.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 3 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.Л. Шкуратник*.

