© А.М. Мухаметшин, Ю.П. Вдовин, 2006

УДК 551.311.23

А.М. Мухаметшин, Ю.П. Вдовин

УСКОРЕННОЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ В ОКРЕСТНОСТИ ТОННЕЛЕЙ МЕТРО

Семинар № 3

Как показали геофизические наблюдения с 1997 года и по настоящее время происходит все ускоряющееся перераспределение напряжений в несущих колоннах сооружения цирка и, вероятно, в ограждающих конструкциях, так как в них уже неоднократно были обнаружены нарушения в виде трещин [1, 2, 3, 4]. Одной из многих причин этих явлений может быть просадка ряда свай или даже свайных оснований фундаментов под колоннами каркаса сооружения, а также вероятно ленточного фундамента под стеновыми ограждениями сооружения цирка при техногенном воздействии от горнотехнических процессов в тоннелях Свердловского метрополитена начиная с начала строительства станции "Геологическая".

Согласно заключения [1] площадка строительства и проект фундамента здания цирка достаточно сложные, а выполнение проекта не всегда соответствовало заданию:

- наличие косогора от надпойменной террасы (ул. 8 Марта) к пойме реки Исеть с перепадом высот 5-6 метров;
- пестрое литологическое строение основания фундамента – с низкой несущей способностью и высокой деформативностью;
- очертание кровли скальных пород и глубины карманов выветривания в период изысканий не установлены. Глубины разведочных скважин не превышали 15 м;
- способ устройства оснований и фундаментов – призматические сваи длиной 9-12 метров с несущей способностью 42 тс и монолитные ростверки под колоннами;
- при забивке опытных свай несущая способность их, как правило, «завышалась» на эффект «засасывания свай»;
- фундаменты запроектированы в виде кустов свай под колонны каркаса и лент под фундаменты стен; ростверки монолитные железобетонные; соединение голов свай с ростверками жесткое за счет выпуска арматуры;
- по проекту острие большинства свай должно быть погружено в щебень сланцев и суглинки элювиальные твердые;
- большинство свай не были забиты до проектной глубины 9-12 м и верхняя часть их была срублена (длина срубленной части неизвестна), но если судить по представленным в этом заключении круговым разверткам, на которых нанесены и сваи, то длина срубленных частей свай достигала, вероятно, половины длины сваи.

В данном рассмотрении наиболее важными моментами являются:

- под сооружением цирка отсутствует сплошной фундамент, так как проектом предусмотрены отдельные ростверки на свайном основании под каждую колонну каркаса сооружения и простой ленточный фундамент под ограждение сооружения;

- забивка свай запроектирована только до кровли щебня сланцев или непластичных элювиальных отложений;

- в определении вида и состава коренных пород происходит явная путаница – изыскания 1966 года определили их как туфы порфиритов различной степени выветривания, а изыскания 1972 года, как сланцы [1].

Чтобы прекратить дальнейшую просадку свайного основания фундамента сооружения необходимо предусмотреть и провести ряд срочных мер по приостановке данного процесса.

Для этого необходимо знать причины просадки основания фундаментов колонн и ленточного фундамента под наружными ограждениями.

Лучшим способом было бы бурение «контрольных» скважин рядом с проседающими свайными опорами с одновременным погоризонтным отбором и изучением грунтов, а также с геофизическим контролем целостности и глубины проникновения в грунт свай. Однако, это очень дорогие и трудоемкие работы, которые без знания хотя бы приблизительного набора возможных причин просадки, баз обоснования целей, для которых они проводятся, могут и не дать положительных результатов.

Теоретически допустимо, что возможных причин просадки свайного основания сооружения немало, но все их можно объединить в несколько групп: недоработка проектировщиков, недоработка строителей, ошибка и недоработка геологов и непредвиденные обстоятельства, а возможно и комплексная недоработка всех участников проекта, помноженная на непредвиденные обстоятельства.

К недоработкам проектировщиков и геологов можно отнести следующее: если при проектировании недоучли особенности осадочных грунтов и пород подстилающего основания, на которое должны были опираться сваи, гидродинамические и гидрохимические особенности подземных вод, а в результате было занижено количество необходимых инженерно-геологичес-ких скважин, количество и длина необходимых свай, завышена их несущая способность.

Но все перечисленные выше недоработки и недостатки могут быть высказаны только как предположение, с оговоркой «если». За давностью лет и отсутствии многой документации и «контрольных» скважин, при наложении непредвиденных обстоятельств, возникших в процессе эксплуатации сооружения цирка, а именно при прокладке рядом подземных выработок «метрополитена», ни одну из указанных выше причин в настоящее время невозможно установить как основную. Кроме разве что геологических причин, при условии, если геологический раздел проекта строительства цирка сохранился в полном объеме.

В данной работе мы стремимся рассмотреть возможные геологические причины просадки свай основания, при условии, что проектировщики, геологи и строители не отклонялись от проекта и СНИПов.

Прежде всего, необходимо снова вернуться к конструкции фундамента, а именно к несвязанным между собой свайным фундаментам под колоннами каркаса, а также ленточным фундаментом под ограждением. Отсутствие связи по фундаменту делает каждую из колонн, да и ленточный фундамент под

ограждением практически функционально самостоятельными, связанными только круговыми каркасами между собой и с ограждением.

Фундамент стенового ограждения, вероятнее всего незначительно врезанный в насыпной грунт и впоследствии заваленный дополнительным насыпным грунтом, о чем свидетельствуют головки большинства свай, оказавшиеся в процессе строительства под значительным слоем грунта (см. круговые разрезы [1, 2, 3, 4]).

А так как грунты, на которых лежит ленточный фундамент, имеют малую несущую способность, тем более в условиях постоянной вибрации, в том числе от метрополитена, и практического обезвоживания осадков по этой же причине, то происходит сжатие и проседание грунта и, как следствие, возможное нарушение целостности ленточного фундамента и стенового ограждения сооружения цирка.

Как нам кажется, связь между напряжениями в колоннах и возникновением трещин в стеновом ограждении не прямая, а опосредованная и потому причины деформации стенового ограждения вполне устранимы. Достаточно только обнаружить места проседания или разрушения ленточного фундамента и закрепить грунты под ними.

Намного сложнее дело обстоит со свайными фундаментами под колоннами каркаса сооружения цирка. Во-первых, здесь под каждой колонной имеется отдельный фундамент, стоящий на группе забитых, возможно на различную глубину, свай, во- вторых, каждая такая группа свай может быть забита в различные по составу грунты и опираться на различные по составу породы основания. Все это вызывает различные по амплитуде проседания свай под какой либо колонной не только всех одновременно, но и отдельных свай в их комплексе под конкретной колонной.

Однако прямых доказательств проседания свай мы не имеем, а располагаем только наблюдениями за изменениями напряжений в колоннах. Результаты данных наблюдений указывают только на тенденцию или начало процессов проседания свайных фундаментов под колоннами, что выражается в перенесении нагрузок от всего сооружения с одних на другие сваи. Это может быть только опосредовано связано с проседанием индивидуальных фундаментов под отдельными группами колонн и перенесения нагрузки, так как весь каркас прочно связан круговыми поясами. Здесь же накладывается и нагрузка от стенового ограждения, на прилегающие к ним колонны, которая может еще более увеличиваться из-за разрушения ленточного фундамента.

Участок, на котором располагается цирк, в геоморфологическом отношении находится на надпойменной террасе и частично даже в пойме современного русла реки Исеть и вероятно почти весь в пойме древней реки Исеть. В геологическом отношении осадочные образования представлены, в основном, тонкодисперсными, несцементированными аллювиальными глинами (большей частью алеврито-пеллитами) и лёссами, а в так называемых «карманах» песками и гравием с большим количеством песка.

Подстилаются аллювиальные глины довольно маломощным пластом отбеленных и, частично пестроцветных каолинитовых глин, которые, вероятно, сформировались в результате вторичной переработки первичной коры выветривания по зеленокаменной толще.

Пласт каолиновых глин подстилается каолинизированной пестроцветной корой выветривания, каолинизация кото-

рой убывает сверху вниз, что подтверждается и изменением в том же направлении цвета коры выветривания от пестрого (беловатого, красноватого, зеленоватого) до серо-зеленого.

Нужно отметить «несогласное» залегание пласта чисто каолинитовых глин на первичной коре выветривания и наличие в верхней части первичной коры выветривания останков довольно незначительных по мощности, «несогласно» залегающих в коре выветривания сильно рассланцованных и «деградированных» диабазов и порфиритов.

Первичная кора выветривания имеет четко наблюдаемую слоистость, унаследованную от залегающей ниже зеленокаменной толщи, по которой она и формируется. Сама зеленокаменная толща имеет почти вертикальное залегание и сильно трещиноватая. Предоставлена она, в основном, зелеными сланцами и, в гораздо меньшем объеме, слюдистыми сланцами, филлитами и глинистыми сланцами.

Минеральный состав коры выветривания в нижней ее части аналогичен минеральному составу зеленокаменной толщи, но существенно изменяется по вертикали. Он представлен (сверху вниз): каолинитами, гидрослюдами, филлитами, кварцем и полевыми шпатами (калиевыми, натриевыми, кальциевыми), слюдами (биотитом и мусковитом), хлоритами, эпидотами, тальком, кальцитом, железистыми минералами и так далее, в зависимости от типа залегающих ниже сланцев зеленокаменной толщи.

«Останки» диабазов и диабазовых порфиритов представлены сильно измененными пироксен-авгитом и плагиоклазами.

Сланцевые слои зеленокаменной толщи разбиты как бы «кливажными» трещинами, ориентированными, в основном, по слоистости толщи. Кроме того, слои сильно перемяты и имеют истинную трещиноватость с простиранием в сторону русла реки Исеть.

В тектоническом отношении участок, на котором расположен цирк, представляет собой зону трещиноватости глубокого заложения, сочетающую субмеридиональные и субширотные разломы, осложненные трещиноватостью по слоистости и, частично, поперек слоистости.

Сама же река Исеть протекает по разлому, залегающему вкрест простирания сланцевой толщи фундамента, что обеспечивает гидродинамическую связь подземных вод участка распо-ложения сооружений цирка с водами реки Исеть и подземными водами и газами локализующихся в разломе.

На начало строительства цирка, река Исеть, абсолютная отметка уреза воды которой находится ниже поверхности земли на участке строительства, обеспечила частичный дренаж вод участка. То есть подземные воды на участке отмечены были на какой-то значительной глубине. Поверхность воронки депрессии должна была понижаться в сторону реки.

Как повсеместно отмечается специалистами, на застроенных участках и под эксплуатируемыми зданиями в процессе их эксплуатации всегда повышается уровень подземных вод. Это происходит за счет технических вод, накапливающихся в основаниях под фундаментом из-за «утечек» при эксплуатации сооружений. В ряде случаев «подъем подземных вод достигает 10 и более метров. Воды эти обычно очень агрессивные. В составе их очень много свободного растворимого хлора, кислорода, и различных нитратов и нитритов. В данном случае, при наличии хорошего дренажа в сторону реки Исеть, эти воды могут по

сваям опускаться до горизонта, в который упирается свая, и далее по зоне трещиноватости дренироваться в реку Исеть.

В то же время газы, в основном это углекислый газ, могут по разлому подниматься из недр земли и частично, при наличии экранирующего пласта глинистых пород, подниматься по зоне трещиноватости в сторону участка, на котором расположено сооружение цирка. Определенное количество углекислоты и серной кислоты, растворенных в атмосферных осадках, выпадающих в окрестностях места расположения цирка, также проникает в подземные воды. Здесь же необходимо отметить такие непредвиденные обстоятельства как строительство метро и, особенно, долговременная приостановка этого строительства. При строительстве метро производилась массовая откачка подземных вод, что сформировало депрессионную воронку с обратным уклоном ее поверхности. Вода потекла из реки и разлома в сторону шахт и тоннелей метро. Участок, где расположен цирк, попал почти в центр депрессионной воронки. Уровень подземных вод на участке резко упал и произошло сильное обезвоживание пород расположенных на участке, и, как следствие, сжатие пород под сваями в результате действия огромных статических нагрузок от сооружения цирка.

Обратный поток подземных вод привел также к подтоку на участок углекислоты, растворенной в поступающей подземной воде.

Прекращение откачки воды, привело вначале к быстрому подъему уровня подземных вод на участке до уровня уреза воды на реке Исеть, за счет подтока воды из реки и разлома, а затем медленному восстановлению прежнего уровня, за счет проникновения вод атмосферных осадков и технических вод. Это же привело к набуханию глинистых пород и обратному (вверх) движению свай.

Возобновление откачки подземных вод снова привело к резкому падению их уровня и обезвоживанию и сжатию пород.

Все описанные процессы способствовали усилению и ускорению процессов разложения сланцев пород основания и коры выветривания, и как следствие к снижению их инженерно-геологических показателей.

Все это привело к перераспределению нагрузок по вертикальным опорам сооружения цирка и образованию трещин в наружном ограждении сооружения. Непосредственная причина данного явления может быть только одна - погружения свай фундамента, на которые была наибольшая нагрузка, в ослабленный, в результате описанных ниже процессов, грунт и переноса максимального давления массы сооружения цирка на другие опоры.

В качестве иллюстрации данного утверждения предложена картина изменения нагрузок на колонны по результатам изменения скоростей продольных волн, измеренных на одних и тех же колоннах в различные периоды времени (рисунок). Практически это результаты мониторинговых измерений. Здесь выделяются участки (колонны) с максимальными скоростями упругих волн, что нами отождествляется с физическим процессом продольного сжатия несущих колонн здания и, наоборот, там, где скорость продольных волн уменьшается – там происходит снятие нагрузки.

Выявленные изменения нагрузок на несущих элементах здания цирка отождествляется нами с изменениями

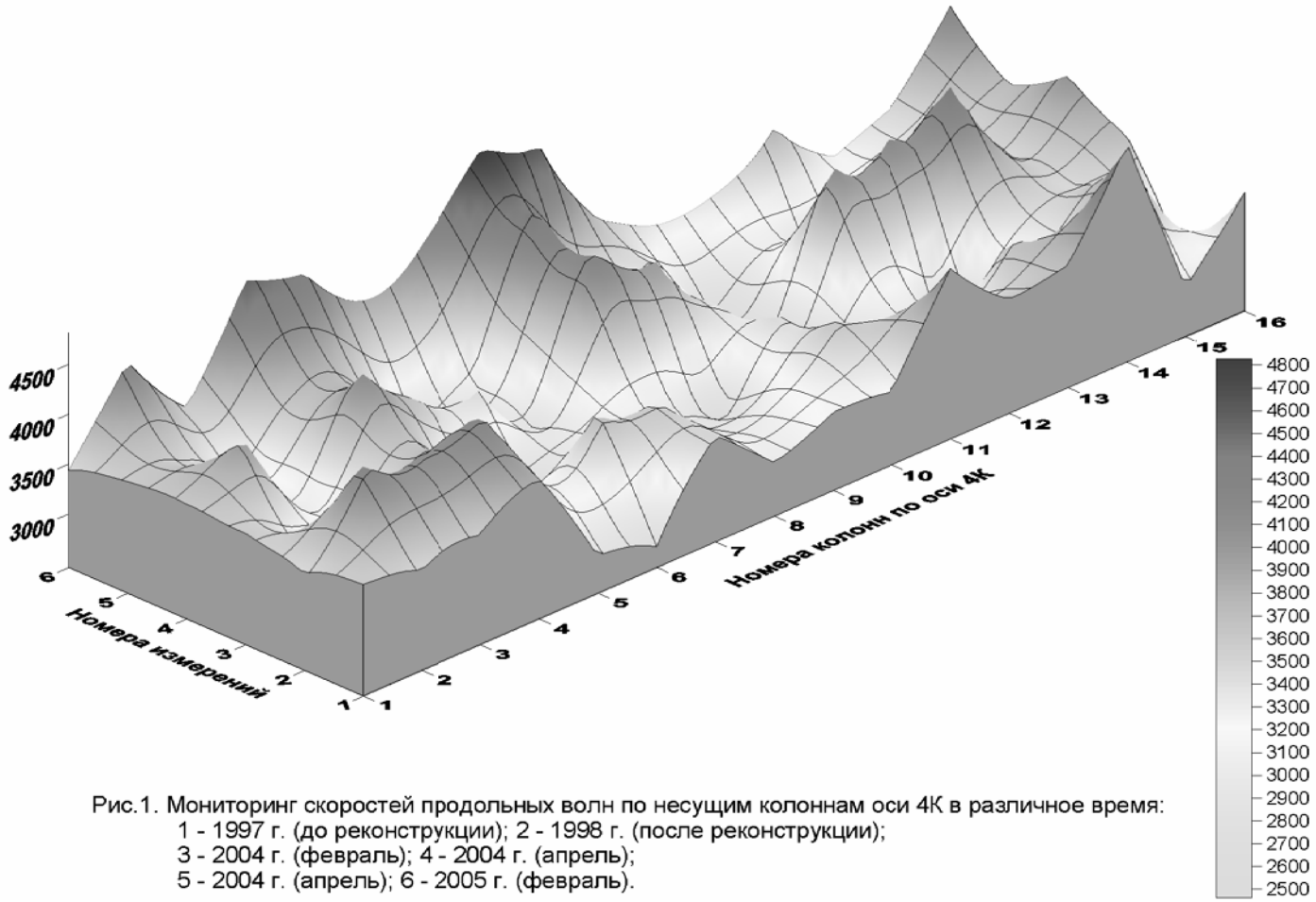

Рис.1. Мониторинг скоростей продольных волн по несущим колоннам оси 4К в различное время:
1 - 1997 г. (до реконструкции); 2 - 1998 г. (после реконструкции);
3 - 2004 г. (февраль); 4 - 2004 г. (апрель);
5 - 2004 г. (апрель); 6 - 2005 г. (февраль).

уровня грунтовых вод в геологической среде под зданием, причем последние вызывают, как показано в данном докладе, ускорение геохимических процессов выветривания.

Таким образом, из рассмотрения приведенных материалов вытекают следующие выводы.

1. На урбанизированных территориях геологическая среда подвержена антропогенным воздействиям, вследствие чего процессы геохимического выветривания протекают в ускоренном режиме.

2. Техногенное воздействие ощутимо не только в близповерхностных слоях, но отмечается и на больших глубинах. При этом сказываются не только масштабы самого охраняемого сооружения, но и срок его службы.

3. Главной особенностью подобного рода техногенных воздействий, является с одной стороны доступ воздушных масс, а с другой – наличие агрессивных водных растворов.

4. При наличии указанных причин обеспечивается весьма высокая скорость протекания процессов геохимической денудации пород зеленокаменной толщи на урбанизированных территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Предварительное* заключение о состоянии несущих конструкций здания амфитеатра Екатеринбургского цирка (утверждено Проректором УрГАПС В.М. Сай 17.04.1997г., по материалам 1-ой части НИР, тема СК-59)

2. *Отчет* о НИР по теме №0105/04 "Обследование и оценка состояния основныхх несущих элементов здания Екатеринбургского государственного цирка" (утвержден директором ИГД УрО РАН член-корр. РАН В. Л. Яковлевым, 25.04.2005г.).

3. *Вдовин Ю.П.* Углекислые воды Зауралья и их происхождение. Дисс. на соиск. уч.ст. канд. г-м.наук. 1985 год.

4. *Голубев В.С.* Динамика геомеханических процессов. – М.: Недра, 1981 год.

Коротко об авторах

Мухаметшин Анатолий Матвеевич – заведующий лабораторией горной геофизики ИГД УрО РАН, доктор геолого-минералогических наук,

Вдовин Юрий Поликарпович – кандидат геолого-минералогических наук,

ИГД УрО РАН.

© М.Д. Молев, 2006

УДК 550.83: 622.012

М.Д. Молев

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЗАТОПЛЕНИЯ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Основной проблемой постликвидационного периода угольных шахт на территории Восточного Донбасса в технико-экономическом плане становится реабилитация углепородного массива (УПМ). Важнейшей задачей комплекса организационно-технических мероприятий является управление процессом затопления УПМ. Указанный аспект реабилитации территории не имеет стандартного решения в связи со сложностью геологического строения массива и масштабом техногенного воздействия. Таким образом, разработка и принятие комплекса решений по управлению затоплением должна опираться на обоснованную информационную поддержку.

Углепородный массив совместно с подземной гидросферой является сложной динамической системой, которая характеризуется постоянным изменением свойств и взаимосвязей отдельных элементов как в пространстве, так и во времени. В связи с этим для оценки условий затопления УПМ необходимо иметь полную и достоверную информацию:

– о физических свойствах горных пород, слагающих массив (пористости, прочности, фильтрационных свойствах);

– о геометрических размерах подземных естественных и искусственных полостей и их местонахождении;

– о потенциальных естественных и техногенных каналах движения шахтных вод.

Оценка маркшейдерско-геологической документации горных работ на угольных месторождениях Восточного Донбасса показывает, что основными каналами движения подземных вод могут быть:

– зоны тектонических нарушений;

– зоны повышенной трещиноватости горных пород;

– горные выработки и скважины;

– зоны сдвижения пород, образовавшиеся вследствие ведения горных работ.

Как правило, перечисленные объекты УПМ под воздействием природных и техногенных факторов находятся в постоянном взаимодействии, видоизменяются со временем. Поэтому некорректно принимать в качестве достоверной информацию, зафиксированную на начальный момент закрытия шахт. Практика ликвидационных работ указывает на необходимость регулярного отслеживания гидрогеологической обстановки с целью проведения оптимизированного уп-равления процессом затопления.

Анализ материалов геолого-геофизических исследований углепородного массива позволяет сделать вывод о возможности построения оптимального геолого-геофизического комплекса оценки условий затопления. Физической основой комплекса является раз-личие в электрических и акустических свойствах

неоднородности и вмещающей ее геологической среды. Комплекс включает сейсмический и электрический методы геофизики, а также разведочное бурение.

В качестве исходной информации используется геолого-маркшейдерская документация, на основе анализа которой определяются объемы, виды, методы и порядок геофизических исследований. В зависимости от глубины нахождения искомого объекта и геологического строения углепородного массива в районе поисков выбирается наиболее подходящий геофизический метод.

Так, на начальной стадии затопления и больших глубинах целесообразно применять сейсмическую разведку методом отраженных волн, которая хорошо зарекомендовала себя при так называемых «прямых» поисках нефтегазовых месторождений с использованием динамических интерпретационных характеристик сейсмических волн [1]. При глубинах менее 100 м надежную информацию о геологических неоднородностях и обводненных зонах можно получить с помощью полевой низкочастотной электроразведки. Электроразведочные работы выполняются по методикам вертикального электрического зондирования и электрического профилирования. На глубинах 3-25 м задачи обнаружения и картирования различных геологических неоднородностей успешно решаются георадиолокационным и электрическими методами [2]. Контроль геофизического прогнозирования должен осуществляться посредством разведочного бурения.

Более подробно необходимо остановиться на аспектах применения сейсморазведки для установления границы затопления горного массива. Использование метода отраженных волн для указанной цели обосновывается результатами анализа изменения некоторых сейсмических свойств горных пород, которое возникает при затоплении выработанного пространства шахтными водами.

Обводненным водам могут сопутствовать следующие физические эффекты: изменение объемной плотности затопленной части УПМ и скорости распространения продольных волн; уменьшение акустической жесткости образовавшегося техногенного коллектора, приводящее к изменению величин и знаков коэффициентов отражения от его границ; образование нехарактерных для ненарушенного массива горных пород «гладких» горизонтальных отражающих границ; увеличение поглощения сейсмических волн в пределах коллектора.

На основании указанных предпосылок затопленные участки УПМ могут проявляться на регистрируемых сейсмограммах следующими признаками:

– локальным увеличением или уменьшением амплитуд отраженных волн;

– увеличением затухания сейсмических колебаний;

– появлением на сейсмическом разрезе горизонтальных отражающих площадок в системе наклонных границ пластов вмещающих пород.

В благоприятных условиях на так называемом «динамическом» сейсмическом разрезе отражение от границы затопления УПМ шахтными водами выделится аномальной интенсивностью.

Оптимальный геофизический комплекс, ориентированный на режимные наблюдения в формате мониторинга, предлагается следующей конфигурации:

– сейсморазведка методом отраженных волн;

– межскважинная электрическая корреляция;

– полевая электроразведка (профилирование и зондирование);

– картирование неоднородностей методами сейсморазведки или георадаром.

Указанный состав разведочного комплекса разработан на основе анализа теории распространения физических полей в углепородном массиве и результатов практического применения геофизических методов для решения различных геологических задач [2-5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сейсморазведка:* Справ. геофизика / Под ред. И.И. Гурвича и В.П. Номоконова. – М.: Недра, 1981.
2. *Геоэкологическое* обследование предприятий нефтяной промышленности / Под. ред. В.А. Шевнина и И.Н. Модина. – М.: РУССО, 1999.
3. *Огильви А.А.* Основы инженерной геофизики. – М.: Недра, 1990.
4. *Молев М.Д.* Геофизическое прогнозирование горно-геологических условий подземной разработки угольных пластов / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2000.
5. *Рубан А.Д.* Физико-технические основы сейсмического мониторинга горного массива для повышения эффективности производства на угольных предприятиях: Автореф. дисс. … д-ра техн. наук / ИГД им. А.А. Скочинского. – М., 1995.

Коротко об авторах

Молев Михаил Дмитриевич – профессор кафедры «Геофизика, техника разведки и бурение нефтегазовых скважин» Южно-Российского государственного технического университета (НПИ); профессор кафедры «Сервис» Южно-Российского государственного университета экономики и сервиса.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ПЬЯНКОВА Светлана Григорьевна	Инвестиционная стратегия промышленного градообразующего предприятия	08.00.05	к.э.н.