

УДК 622.83

В.В. Мельник

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ДЕФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрены примеры исследования причин деформирования инженерных сооружений, даны рекомендации по использованию методов диагностики массива горных пород для своевременного прогноза и снижения риска катастроф при нерациональном использовании. Сделаны выводы о возможности использования разработанных методик для обеспечения безопасного строительства и эксплуатации объектов нерационального использования.

Ключевые слова: деформирование инженерных сооружений, массив горных пород, геодинамическая активность, метод спектрального сейсмопрофилирования.

Развитие технического прогресса и ускоренное нарастание опасностей в природно-техногенной сфере деятельности существенно превышают возможности защиты от аварий и катастроф, вызываемых этими действиями. Поэтому изучение природы аварий, происходящих в процессе эксплуатации опасных объектов, разработка технологий прогноза и снижения риска и тяжести последствий проявления аварийных ситуаций являются важнейшими и первоочередными задачами современных фундаментальных и прикладных научных исследований.

Взаимосвязь гидрогеологических, структурно-тектонических и геодинамических характеристик массива горных пород имеет большое значение при прогнозировании развития опасных геотехногенных процессов. Фильтрационные свойства горного массива, полностью зависят от степени его трещиноватости и тектонической нарушенности. Современная геодинамическая активность тектонических нарушений, провоцирует активизацию развития трещиноватости и переход массива в дезинтегрированное состояние, предопределяя образование зон критических деформаций массива горных пород, залегающего в

основании инженерных сооружений и вызывая их разрушение.

Требования к учету геодинамической активности и параметров современных движений земной коры при проведении инженерных изысканий на промплощадках строительства объектов I и II уровней ответственности сформулированы в СНиП и сводах правил по инженерным изысканиям для строительства, но сложность, многогранность проявления и недостаточная изученность геодинамической активности порождают многозначность критериев и требований, которые не всегда отражают сущность процессов воздействия современных геодинамических движений на инженерные сооружения. По этим же причинам исследование геодинамических движений, несмотря на требования нормативных документов, не стало повседневной нормой проведения инженерных изысканий, что, безусловно, может служить одной из важных причин нарушения устойчивости конструктивно сложных ответственных объектов.

На протяжении последних 10 лет специалистами отдела геомеханики проводятся исследования в области обеспечения безопасности строитель-

ства и эксплуатации объектов горно-металлургического и энергетического комплексов, а также зданий и сооружений городской инфраструктуры. Как показал опыт проведения подобных работ одним из основных факторов, влияющих на устойчивость сооружений, является структурно-тектоническое строение массива горных пород, залегающего в их основании.

Опыт показывает что одним из наиболее перспективных методов изучения структуры массива, особенно в условиях городской застройки, месторождений рудных полезных ископаемых, а также в подземных горных выработках является геофизический метод спектрального сейсмопрофилирования (ССП) разработанный НПФ «Геофизпрогноз» в г. Санкт-Петербурге.

Сущность метода заключается в выявлении поверхностей скольжения, трещин и их совокупностей, то есть зон микро и макротрещиноватости. Особенно хорошо методом СПП выявляются открытые трещины, связанные с современной геодинамической активностью. Экспериментально установлено, что в граничных зонах самоорганизующихся блоков уровень межблочных подвижек и вызванных ими деформаций в 3 раза превосходит средние интегральные значения [1]. Во внутренних областях этих блоков внутриблочные подвижки и вызванные деформации составляют около 0.5 от средних интегральных значений.

В первую очередь, источником и стимулятором постоянно протекающих подвижек в осадочных породах являются находящиеся в породах кристаллического фундамента тектонические нарушения. В связи с этим, метод СПП является инструментом, с помощью которого выявляются зоны тектонических нарушений.

Спектральный сейсморазрез представляет собой совокупность спектральных изображений непосредствен-

но сейсмосигналов, то есть является изображением первичной информации, неискаженной какой бы то ни было интерпретацией. Получаемые в результате компьютерной обработки распечатки представляют собой изображение спектров сейсмосигналов, и одновременно, изображение конкретных геологических объектов в геомеханическом аспекте либо изображение разного рода подвижек. Подробное описание физической сущности метода приведено в монографии [2].

Диагностику участков строительства следует осуществлять путем изучения строения массива горных пород, выделения потенциально опасных тектонических нарушений, геодинамическая активность которых может послужить причиной возникновения катастроф, связанных с деформациями и разрушением строящихся объектов [3]. Основными методами, используемыми для диагностики структурно-тектонического строения массива горных пород, являются геофизические методы исследования. Конечно, для получения наиболее достоверной информации о структуре следует использовать комплекс геофизических методов, изучающих различные поля и свойства горного массива. Но большинство методов геофизических методов имеет ряд ограничений по использованию в условиях городских агломераций и большинства рудных месторождений.

Метод СПП устойчив к большинству промышленных помех, наличию различных коммуникаций, асфальта, пород, обладающих высокой электропроводностью – руды и т.п. Кроме того, метод успешно используется в подземных условиях при зондировании в стенки выработок, что позволяет прогнозировать возможные аварии при проходке горных выработок, а также при исследовании массива на



Рис. 1. Разрушающийся дом

большие глубины до 200–300 метров и более. Одним из основных преимуществ метода является высокая мобильность. Измерения проводятся двумя операторами одним сейсмоприемником в одной точке, возбуждение колебаний производится ударом в непосредственной близости от сейсмоприемника, что позволяет производить работы в стесненных условиях.

В 2010 г. отделом геомеханики ИГД УрО РАН совместно со специа-

листами Уральского горного университета были проведены исследования на участке недропользования с целью выявления причины разрушения девятиэтажного жилого дома по ул. Мурсорского в г. Екатеринбурге (рис. 1).

Дом отселен в 2002 г., решается вопрос о его сносе. На момент производства полевых геофизических и геодезических работ имелась информация о дополнительно проведенных инженерно-геологических изысканиях в момент начала разрушения. Инженерно-геологический разрез приведен на рис. 2.

Как видно из разреза, участки максимальных деформаций расположены в местах максимального приближения скальных пород к поверхности, хотя характер деформаций – проседание фундамента с образованием трещин на лицевой поверхности здания.

Для выявления причин деформаций были проведены исследования грунтов методами наземной геофизики в варианте спектрального сеймопрофилирования. Геомеханическая модель участка, полученная методом

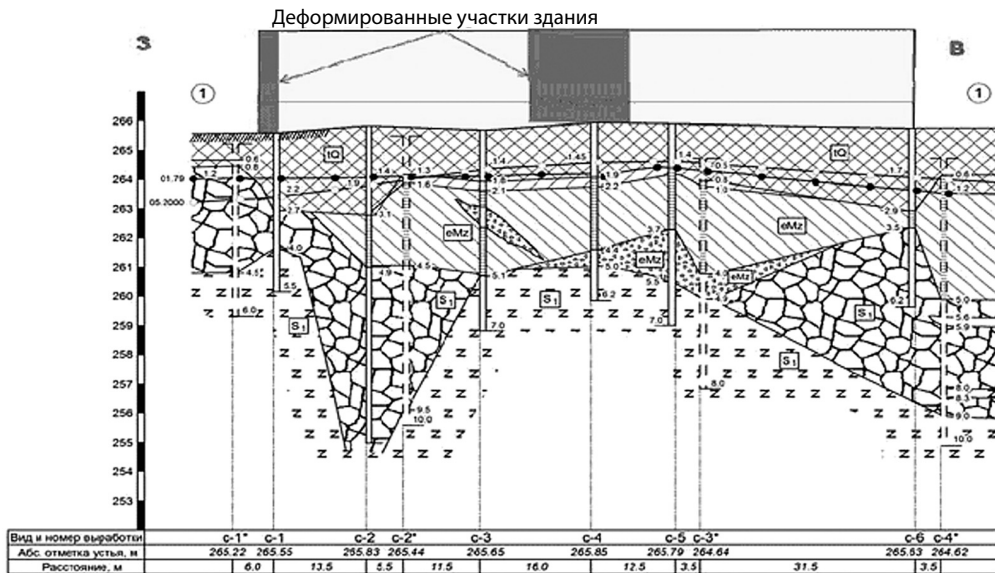


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез основания здания

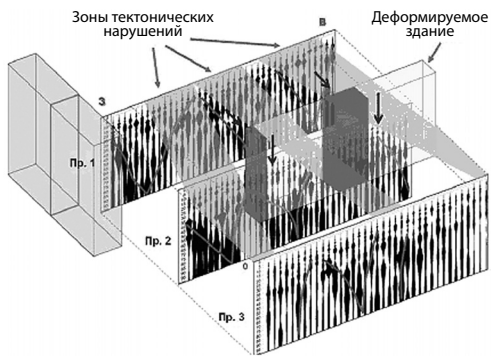


Рис. 3. Геомеханическая модель участка разрушающегося дома

спектрального сейсмопрофилирования, приведена на рис. 3.

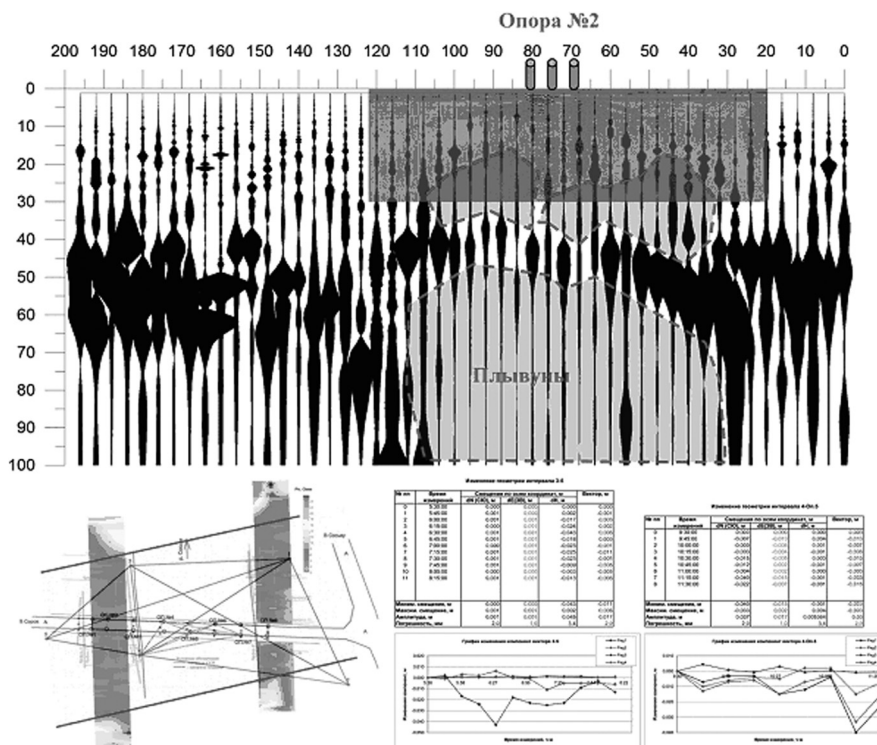
На сейсмограммах хорошо видны воронкообразные объекты, являющиеся основным признаком тектонических нарушений при интерпретации результатов спектрального сейсмопрофилирования. Открытые трещины и поверх-



Рис. 4. Деформация мостового перехода через реку Сосьва

ности скольжения показаны на спектральных сейсморезазах линиями.

Кроме того, на площадке была оборудована геодезическая станция для наблюдений за деформациями земной поверхности и проведены две серии наблюдений методом высокоточного нивелирования. Анализ результатов



показал не существенное проседание поверхности в районе скважины № 4 показанной на рис. 1, так как временной интервал был небольшой, всего три месяца. В последующем мониторинг планируется продолжить.

К сожалению, высокая плотность застройки не позволила получить качественные материалы по диагностике короткопериодной циклической геодинамической активности участка методом GPS, погрешности измерений оказались выше уровня современных движений. Однако при планировании строительства на незастроенной территории такие исследования необходимы, т.к. они дают представление об уровне современной активности разломных зон.

Стоит отметить, что не все выявляемые тектонические нарушения обладают современной геодинамической активностью и в процессе проведения исследований следует это учитывать.

Комплексными экспериментальными исследованиями, проводимыми при строительстве моста через реку Сосьву, установлено, что дезинтегрированный массив горных пород в геодинамически активных тектонических нарушениях под влиянием короткопериодных современных геодинамических движений приобретает тиксотропные свойства, образуя зоны пльвунов, в которых опоры мостов теряют свою несущую способность.

Так при строительстве моста через реку Сосьву в Серовском районе две опоры, оказавшиеся в подобной зоне, осели на 18 и 28 сантиметров, нарушив профиль моста. Это привело к частичному разрушению мостового перехода, хотя величина нагрузки на опоры полностью соответствовала прочностным показателям основания, определенным как в процессе инженерно-геологических изысканий, так и по дополнительным изысканиям после деформирования (рис. 4).

По результатам глубинных геофизических исследований было выявлено, что глубинное основание опор 2 и 3 представлено пльвунами, образовавшимися в результате тектонической подвижности и представленными обводненным дезинтегрированным грунтом.

В результате проведенных мероприятий по укреплению мостового перехода путем монтажа дополнительных свай и создания ростверка между дополнительными сваями и установленными опорами мост был приведен в устойчивое состояние и его проседание прекратилось. В настоящий момент мост эксплуатируется в штатном режиме (рис. 6).

Разработанная методика диагностики массива горных пород также успешно используется при определении возможности строительства объектов



Рис. 6. Мостовой переход после реконструкции

недропользования на подработанных подземными горными работами территориях [4]. Совокупность методов диагностики позволяет достоверно определить состояние подработанного массива, стадию обрушения, глубину и объемы подработки, что особенно актуально для районов распространения старых горных работ. Данная методика также успешно используется при обосновании строительства в областях развития опасных геологических процессов – карста [5].

На основании проведенных экспериментальных исследований сделаны следующие выводы:

1. Свойства грунтов, получаемые при стандартных инженерно-геологических изысканиях, не дают полного представления о состоянии массива.

2. Для безопасного строительства и эксплуатации ответственных инженерных сооружений обязательно требуется проведение исследований структурно-тектонического строения

горного массива, залегающего в его основании, а в случае выявления тектонических нарушений, изучение их геодинамической активности и состояния грунтов.

3. Современная геодинамическая активность не только определяет свойства грунтов (тиксотропия, плывунистость, трещиноватость), но и оказывает влияние на прочностные свойства самого сооружения, вызывая усталостные деформации и разрушения.

4. Своевременный прогноз опасных геотехногенных процессов с помощью изучения структурно-тектонического строения массива горных пород и выявления современной геодинамической активности разломных зон позволит заблаговременно выявлять наиболее проблемные участки для строительства, выбирать оптимальные параметры инженерных сооружений, что обеспечит снижение риска аварий и катастроф в процессе их строительства и эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Балец А.Е. Управление напряженно-деформированным состоянием скального массива путем регулируемых подвижек консолидированных геоблоков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2005. – № 6 – С. 164–170.

2. Гликман А.Г. Физика и практика спектральной сейсморазведки. Internet. <http://www.newgeophys.spb.ru/ru/book/index.shtml>.

3. Мельник В.В., Замятин А.Л. Исследование и создание геолого-структурной и геомеханической модели участка недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining informational and analytical

bulletin (scientific and technical journal). – 2005. – № 4 – С. 226–230.

4. Усанов С.В. Подработанные подземными работами территории в г. Березовский и оценка возможности их использования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2010. – № 10 – С. 349–352.

5. Мельник В.В. Оценка опасности карстопроявлений геофизическими методами // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2008. – № 9. – С. 143–147. 

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Мельник В.В. – кандидат технических наук, заведующий лабораторией технологий снижения риска катастроф при недропользовании, e-mail: melnik@igduran.ru, Институт горного дела УрО РАН.

ANALYSIS OF ENGINEERING CONSTRUCTION DEFORMATION CAUSES

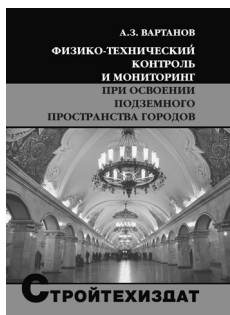
Melnik V.V., Candidate of Engineering Sciences, Head of Subsoil Use Catastrophe Risk Reduction Engineering Laboratory, e-mail: melnik@igduran.ru, Institute of Mining, Ural Branch, Russian Academy of Sciences.

In article examples research the reasons of deformation engineering constructions are considered, recommendations about use methods diagnostics of rock massif for the timely forecast and decrease in risk of accidents are subsurface use. The possible use of the developed techniques for safe building and operation of objects are drawn.

Key words: deformation engineering constructions, rock massif, geodynamic activity.

REFERENCES

1. Balek A.E. Upravlenie naprjazhenno-deformirovannym sostojaniem skal'nogo massiva putem reguliruemih podvizhek konsolidirovannyh geoblokov // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2005. – № 6 – S. 164–170.
2. Glikman A.G. Physics and Practice of Spectral Seismic Exploration. Available at: <http://www.newgeophys.spb.ru/ru/book/index.shtmс>.
3. Mel'nik V.V., Zamjatin A.L. Issledovanie i sozdanie geologo-strukturnoj i geomehanicheskoj modeli uchastka nedropol'zovanija // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2005. – № 4 – S. 226–230.
4. Usanov S.V. Podrobotannye podzemnymi rabotami territorii v g. Berezovskij i ocenka vozmozhnosti ih ispol'zovanija // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2010. – № 10 – S. 349–352.
5. Mel'nik V.V. Ocenka opasnosti karstoprojavenij geofizicheskimi metodami // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2008. – № 9. – S. 143–147.

ГОРНАЯ КНИГА**Физико-технический контроль и мониторинг при освоении подземного пространства городов: Учебник для вузов.**

А.З. Вартанов

2013

548 с.

УДК 53.08.088:622

ISBN 978-5-98672-243-6

Приведены основные цели и задачи, решаемые физико-техническими методами контроля и мониторинга при строительстве и эксплуатации подземных сооружений в условиях крупных городов и мегаполисов. Рассмотрены основные геофизические методы для изучения структуры, свойств и состояния геологической среды в зоне строительства, описаны методы и средства контроля и мониторинга соответствующих

технологических процессов, а также эксплуатационный контроль подземных сооружений. Изложены базовые сведения о методах и средствах экологического контроля при освоении подземного пространства городов.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Физические процессы горного или нефтегазового производства» направления подготовки «Физические процессы горного или нефтегазового производства». Может быть полезно также студентам, аспирантам, научным и инженерно-техническим работникам, сфера деятельности которых связана с освоением подземного городского пространства.