

А.З. ВАРТАНОВ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
КОНТРОЛЬ
И МОНИТОРИНГ
ПРИ ОСВОЕНИИ
ПОДЗЕМНОГО
ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ



СТРОЙТЕХИЗДАТ

А.З. ВАРТАНОВ

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
КОНТРОЛЬ
И МОНИТОРИНГ
ПРИ ОСВОЕНИИ
ПОДЗЕМНОГО
ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ**

*Допущено Учебно-методическим
объединением вузов Российской Федерации
по образованию в области горного дела
в качестве учебника для студентов
вузов, обучающихся по специальности
«Физические процессы горного
или нефтегазового производства» направления
подготовки «Физические процессы горного
или нефтегазового производства»*



МОСКВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»

2013

СТРОЙТЕХИЗДАТ

УДК 53.08.088:622
ББК 33.1
В18

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых» СанПиН 1.2.1253–03, утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124–94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.953.Д.014367.12.12

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51/16/184 от 20.02.2012 г.)

Рецензенты:

- д-р техн. наук, проф. *В.В. Першин* (зав. кафедрой «Строительство подземных сооружений и шахт» Кузбасского государственного технического университета (КузГТУ));
- д-р техн. наук, проф. *В.А. Хмяляйнен* (зав. кафедрой «Теоретическая и геотехническая механика» КузГТУ);
- д-р техн. наук, проф. *В.Н. Захаров* (и.о. директора Института проблем комплексного освоения недр РАН)

Варганов А.З.

В18 Физико-технический контроль и мониторинг при освоении подземного пространства городов: Учебник для вузов. — М.: Издательство «Горная книга», 2013. — 548 с.: ил. (СТРОЙТЕХ-ИЗДАТ)

ISBN 978-5-98672-243-6 (в пер.)

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.

А.З. Варганов — профессор кафедры «Физико-технический контроль процессов горного производства» МГГУ.

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.

ISBN 978-5-98672-243-6

УДК 53.08.088:622
ББК 33.1



© А.З. Варганов, 2013
© Издательство «Горная книга», 2013
© Дизайн книги.
Издательство «Горная книга», 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
----------------	---

РАЗДЕЛ I

Основные цели и задачи, решаемые физико-техническими методами исследований, контроля и мониторинга при строительстве и эксплуатации городских подземных сооружений

<i>Глава 1. Общие сведения</i>	11
<i>Глава 2. Основные направления подземного строительства и объекты подземного пространства городов</i>	19
<i>Глава 3. Общие сведения о физико-технических методах исследований, мониторинга и контроля</i>	34
3.1. Геологические и геомеханические методы	37
3.2. Геофизические методы и методы неразрушающего контроля	37
<i>Глава 4. Сейсмические, сейсмоакустические и ультразвуковые методы. Общие положения</i>	43
4.1. Методы упругих волн	43
4.1.1. Сейсмические методы	43
4.1.2. Влияние строения и свойств массива на динамические и кинематические параметры упругих волн	49
4.2. Аппаратура для сейсмических исследований	54
4.3. Основные методы сейсморазведки (общие замечания)	63
4.4. Выполнение измерений и интерпретация данных при поверхностной сейсморазведке	67
4.5. Выполнение сейсмических измерений с использованием скважин и горных выработок	74

4.6. Понятие малоглубинной сейсморазведки	79
4.7. Многоволновая сейсморазведка	80
4.8. Изучение микросейсмических записей	83
4.9. Сейсмоакустические и ультразвуковые методы	84
4.10. Каротажные измерения	85
4.11. Межскважинное прозвучивание	89
4.12. Поверхностное профилирование	89
4.13. Многоканальный анализ поверхностных волн (MASW)	92
4.14. Исследования с выявлением толщинных резонансов . .	99
4.15. Обследование массивов горных пород с использованием регистрации акустической эмиссии	103
4.16. Сейсмоакустические и ультразвуковые изыскания при обследованиях обделок тоннелей	108
4.17. Сейсмический контроль геокриологических условий	110

Глава 5. Электрические и электромагнитные методы исследований, контроля и мониторинга в городском подземном строительстве

5.1. Общие сведения	112
5.2. Электромагнитные поля, используемые в геологоразведочной и инженерной геофизике	114
5.3. Электромагнитные свойства горных пород	116
5.4. Методы постоянного тока и низкочастотные методы. Общая характеристика	119
5.5. Применение метода сопротивлений при решении задач ГМО ОПП	124
5.6. Установки метода сопротивлений	126
5.7. Методики решения инженерных задач методом сопротивлений	131
5.8. Методика электротомографии двумерно- неоднородных сред	136
5.9. Электроразведочная аппаратура	138
5.10. Методы переменных электромагнитных полей. Общая характеристика	138
5.11. Метод вызванной поляризации	144
5.12. Скважинные и подземные съемки методом ВП	149
5.13. Задачи, решаемые методом ВП	152
5.14. Интерпретация результатов измерений в методе ВП . .	153
5.15. Частотное зондирование	155
5.16. Метод георадиолокационного зондирования	159

Глава 6. Исследования, мониторинг и контроль на различных этапах жизненного цикла подземного сооружения	194
6.1. Изыскания и проектирование подземного сооружения	194
Глава 7. Принципы построения систем мониторинга и контроля	211
Глава 8. Комплексирование физико-технических методов	218
Глава 9. Основы организации инженерно-геологических изысканий, мониторинга и геоконтроля	225
<i>Контрольные вопросы к разделу 1</i>	246

РАЗДЕЛ 2

Методы контроля и мониторинга строения, физико-механических и гидрогеологических свойств вмещающего массива в границах планируемого к строительству сооружения и в зоне его влияния

Глава 1. Изучение физико-механических свойств горных пород лабораторными методами и на образцах	252
Глава 2. Методы определения строения массива, установления границ между слоями различного литологического состава и состояния в скальных дисперсных породах, выявления зон трещиноватости и тектонических нарушений и оценки их активности	270
Глава 3. Методы изучения гидрогеологических характеристик массива, вмещающего подземное сооружение.	289
Глава 4. Методы изучения физико-механических свойств в массиве	311
Глава 5. Мониторинг напряжений и деформаций в массиве	335
Глава 6. Выявление и мониторинг опасных инженерно-геологических явлений в массиве	360
Глава 7. Определение фактического положения картированных и выявление некартированных подземных сооружений и коммуникаций	385

<i>Глава 8. Изучение техногенных нагрузок на массив</i>	397
<i>Контрольные вопросы к разделу 2</i>	405

РАЗДЕЛ 3

Методы контроля и мониторинга технологических процессов подземного строительства и эксплуатационный контроль подземных сооружений

<i>Глава 1. Контроль процессов цементации и химзакрепления</i>	409
<i>Глава 2. Контроль процессов создания ледопородных ограждений</i>	418
<i>Глава 3. Контроль положения свай, их целостности и контакта с массивом</i>	425
<i>Глава 4. Контроль сооружений типа «стена в грунте»</i>	438
<i>Глава 5. Контроль положения забоя при ГНБ и микротоннелировании</i>	444
<i>Глава 6. Контроль свойств и состояния массива перед забоем проводимой горной выработки</i>	447
<i>Глава 7. Контроль состояния закрепного пространства и взаимодействия силовой конструкции сооружения с массивом</i>	457
<i>Глава 8. Контроль качества возведения и состояния бетонных и железобетонных конструкций подземных сооружений</i>	469
<i>Глава 9. Контроль качества монтажа и состояния трубопроводов</i>	482
<i>Глава 10. Контроль и мониторинг шумов и вибраций при подземном строительстве</i>	492
10.1. Образование вибрационного шумового поля	492
10.2. Нормирование вибрации и шума	497
10.3. Методы и средства измерения вибраций и шумов	501
<i>Глава 11. Контроль и мониторинг температурных полей при подземном строительстве</i>	508
11.1. Температурная шкала	508
11.2. Принцип действия и принципиальная схема термоэлектрического термометра	509
	547

11.3. Принцип действия и принципиальная схема термометров сопротивления	511
11.4. Пирометрические методы и средства контроля температуры	514
11.5. Тепловизоры	516
Глава 12. Контроль и мониторинг электрических и электромагнитных полей	518
Глава 13. Контроль и мониторинг ионизирующего излучения	527
13.1. Основные понятия радиологической безопасности и дозиметрии ионизирующих излучений	527
13.2. Источники радиоактивных излучений и их характеристики	530
13.3. Методы и средства для измерения радиационной опасности	532
13.4. Приборы для измерения радиационной опасности	536
13.5. Методы и приборы контроля радиологической опасности, связанной с содержанием радона и торона в воздухе	539
<i>Контрольные вопросы к разделу 3</i>	<i>542</i>
Список литературы	543