ГОССТРОЙ РСФСР
РОСГЛАВНИИСТРОЙПРОЕКТ
Производственное объединение "Стройизыскания"

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ПО ПОИСКУ И ОКОНТУРИВАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

ВНМД 36-78
Стройизыскания

Москва - 1978

gost.e-ecolog.ru

ГОССТРОЙ РСФСР
РОСГЛАВНИИСТРОЙПРОЕКТ
Производственное объединение "Стройизыскания"

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ПО ПОИСКУ И ОКОНТУРИВАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

ВНМД 36-78
Стройизыскания

Москва - 1978

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Введение 3

I. Общие положения 5

2. Методика и техника проведения полевых геофизических работ II

3. Обработка и контроль полевых наблюдений I7

Литература I9

Приложение I 22

Приложение 2 23

Приложение 3 24

Приложение 4 25

Приложение 5 26

Приложение 6 27

Приложение 7 30

Приложение 8 . . . . . 3I

Центральный трест инженерно-строительных изысканий

Отдел механизации проектных работ и выпуска проектов

Подписано в печать 23.08. I978 г.

Зак. 300 Тир. 300 Цена 25 коп.

ВВЕДЕНИЕ

Возросшие темпы жилищно-гражданского и промышленного строительства интенсивно вовлекают в инженерную подготовку земли, ранее считавшиеся непригодными для освоения из-за развития неблагоприятных инженерно-геологических факторов, обусловленных как естественными физико-геологическими процессами, так и усиливающимися воздействиями человека на природную среду. Под застройку жилых зданий и промышленных сооружений зачастую отводятся земли, где в разное время проводилась добыча стройматериалов, угля, руд и другого минерального сырья. Для большинства территорий, где шла отработка полезного ископаемого, нет практически удовлетворительных маркшейдерских планов горных выработок (или же они потеряны), а для старательских выработок - они вообще отсутствуют. Вместе с тем точное знание местоположения горных выработок позволяет более надежно обосновывать тип фундаментов, глубину их заложения, проводить расчет устойчивости оснований, правильно оценивать объемы мероприятий по залечиванию пустот и т.д.

В настоящее время картирование подземных выработок проводится с помощью бурения. Предпринимавшиеся в прошлом попытки ряда организаций использовать геофизические методы для решения аналогичных задач не дали желаемого эффекта. Были случаи, когда проведение геофизических исследований давало положительные результаты, однако все они наблюдались при определенных условиях:

неглубоком залегании выработок (до 10 м);

отсутствии электрических экранов в перекрывающих отложениях (прослоев с высоким и низким удельным электрическим сопротивлением);

сравнительно большом сечении выработок (> 3 м^2).

При проведении геофизических исследований в основном применялись методы электроразведки (вертикальное электрическое зондирование - линейное и круговое, профилирование по

схемам СЭП и АВ *fix*). Перечисленные условия в природе встречаются крайне редко. При сравнительно глубоком залегании выработок от поверхности (более 12-15 м) электроразведка по обычным схемам профилирования не фиксирует полости из-за слабого проявления аномального эффекта на фоне помех, обусловленных геологическими и техническими причинами. Помехами геологического вида являются перекрывающие четвертичные отложения, характер и мощность слоев, степень однородности их в горизонтальном и вертикальном направлениях, наличие грубообломочного материала и т.д. К помехам технического вида относятся искусственные электрические поля, создаваемые силовыми установками постоянного тока, механические вибрации грунта, степень застроенности территории.

Таким образом, удовлетворительная методика картирования подземных выработок с помощью комплекса геофизических методов в настоящее время отсутствует. Это вынуждает изыскателей проводить поисковые работы с помощью бурения по детальной сетке, несмотря на высокую стоимость этих работ и большие затраты времени. К тому же методика обуривания территорий не исключает пропуска подземных выработок (из-за их небольших размеров).

В основу настоящих Рекомендаций положена методика поиска и оконтуривания подземных горных выработок, расположенных на глубине до 30 м, с помощью комплекса геофизических методов и параметрического бурения, выполненных совместно ЦТИСИЗом и ВерхнекамТИСИЗом по плану создания и внедрения новой техники Госстроя РСФСР на 1975-1976 гг.

В этих работах принимали участие сотрудники ЦТИСИЗа В.В. Лисицын, И.И. Лобанок, Н.П. Курандин и сотрудники ВерхнекамТИСИЗа В.М. Изотов, В.С. Демченко, С.И. Гурский.

При составлении Рекомендаций использованы также методические материалы ЦНИИИС (И.А. Брашнина, А. И. Боголюбов), МГРИ (В.А. Христич), МГУ (Е.П. Карпова).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации следует использовать при поисках и оконтуривании подземных горных выработок горизонтального типа, расположенных в необводненных породах на глубине до 30 м. Указанную методику можно также применять при поисках неглубоко залегающих карстовых полостей.

I.2. Геофизические исследования с указанными целями включают:

составление программы работ и сбор необходимых материалов;

проведение опытных (параметрических) исследований;

проведение рекогносцировочных и детальных работ;

предварительную обработку полевых наблюдений;

проведение заверочного (контрольного) бурения;

окончательную обработку и геологическую интерпретацию геофизических материалов.

I.3. Для составления программы работ должны быть собраны все необходимые геологические материалы, относящиеся к участку предстоящих работ или к территории, непосредственно примыкающей к нему, уточнена форма и сечение выработок, установлено добываемое в прошлом минеральное сырье, проведено согласование с организацией, эксплуатирующей данное полезное ископаемое.

I.4. Параметрические (опытные) исследования рекомендуется проводить на участках с известным местоположением горных выработок. Последние могут быть установлены по имеющимся маркшейдерским планам, по опросу местных жителей, или по данным текущих изысканий. Целью параметрических работ является оценка разведочных возможностей выбранного комплекса методов в данных инженерно-геологических условиях, а также определение основных элементов геофизического поля.

Объем этих исследований должен составлять не менее I0-20% общего объема геофизических работ в зависимости от степени сложности участка.

I.5. Степень сложности участка зависит от ряда факторов: глубины залегания и размеров (сечения) выработок, состава и

характера перекрывающих и вмещающих пород, застроенности и засоренности территории, наличия электрических и механических помех и т.д. Характеристика пяти категорий сложности участков и рекомендуемые для их исследования геофизические методы приведены в таблице.

I.6. Для I категории сложности участков характерны сравнительно простые геолого-геофизические условия. Для их изучения в комплекс геофизических методов рекомендуется включать традиционные способы и схемы измерения:

вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), частично по способу "двух составляющих" (ВЭЗ МДС);

электропрофилирование установками СЭП или КЭП, в условиях плотной жилой застройки AB/fix;

контрольное (заверочное) бурение.

I.7. Для исследования участков П, Ш и особенно IУ категории сложности необходимо расширить комплекс геофизических методов за счет включения более информативных способов и схем измерения. Рекомендуемый для их изучения комплекс методов в зависимости от стадий изысканий следующий:

при общих (рекогносцировочных) исследованиях

вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ);

круговое вертикальное зондирование (КВЗ), либо ВЭЗ МДС;

электропрофилирование симметричной установкой (СЭП) с двумя приемными линиями M_1N_1 и M_2N_2;

при детальных исследованиях

электропрофилирование по способу "вычитания полей"(ПМВП);

эманационная съемка;

контрольное бурение;

каротаж методом скользящих контактов (МСК) и кавернометрический каротаж (КМ).

I.8. Для изучения участков У категории сложности необходимы специальные исследования, которые наряду с методами, рекомендуемыми в п. I.7, включают методы скважинной электроразведки для изучения около- и межскважинного пространства (метод погруженного диполя, метод "нулевого поля"); сейсмоакустические исследования и другие виды работы.

Характеристика участков по категории сложности и рекомендуемые для их исследования геофизические методы

Категория сложности участков	Характеристика инженерно-геологических и технических условий	Рекомендуемые геофизические методы
I	Выработки располагаются на глубине до 10 м, кровля коренных пород залегает близко от поверхности(3-5м), состав рыхлых отложений весьма однородный и их мощность выдержана, территория практически не застроена, помехи отсутствуют	Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), ВЭЗ по способу "двух составляющих" (ВЭЗ МДС), электропрофилирование по схеме СЭП,КЭП или AB_{fix}
II	Выработки расположены на глубине 10-15 м, кровля коренных пород слабо изрезана, состав перекрывающих отложений однороден, представлен чередованием двух слоев переменной мощности, территория частично застроена (до 20%), уровень помех средний	Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), круговое вертикальное зондирование (КВЗ), ВЭЗ по способу "двух составляющих" (ВЭЗ МДС), электропрофилирование по "способу вычитания полей" (ПМВП), эманационная съемка (ЭС), каротаж по методу скользящих контактов (МСК)

Продолжение таблицы

Категория сложности грунтов	Характеристика инженерно-геологических и технических условий	Рекомендуемые геофизические методы
Ш	Выработки расположены на глубине 15-20 м, кровля коренных пород изрезана, состав перекрывающих отложений неоднороден и представлен чередованием двух-трех слоев переменной мощности, территория застроена на 50%, уровень помех средний и выше среднего	ВЭЗ,(КВЗ), ВЭЗ МДС,электропрофилирование по схеме СЭП с двумя приемными линиями, электропрофилирование по способу "вычитания полей"(ПМВП), эманационная съемка (ЭС),каротаж МСК и кавернометрический каротаж (КМ)
IУ	Выработки расположены на глубине 20-25 м,кровля коренных пород весьма изрезана, состав перекрывающих отложений пестрый, встречаются линзы разнородных пород, мощность отдельных слоев не выдержана, территория застроена на 75%, уровень помех выше среднего	Такой же комплекс геофизических методов, как и для изучения участков Ш категории сложности, однако при проведении электроразведочных работ следует использовать аппаратуру на переменном токе

Продолжение таблицы

Категория сложности грунтов	Характеристика инженерно-геологических и технических условий	Рекомендуемые геофизические методы
У	Выработки расположены на глубине 25-30 м, кровля коренных пород сильно изрезана, состав перекрывающих отложений весьма пестрый, часто выклинивание слоев, мощность отдельных слоев не выдержана, территория практически застроена, уровень помех высокий	Указанный комплекс методов дополняется специальными исследованиями, методами скважинной электроразведки и сейсмоакустического просвечивания

Примечание. Категорию сложности следует устанавливать по совокупности факторов. Если какой-либо фактор относится к более высокой категории сложности и является определяющим с точки зрения поиска подземных выработок, сложность условий следует определять по этому фактору.

I.9. Участки П–У категории сложности рекомендуется исследовать в два этапа (стадии) – общие и детальные работы.

Задачей общих (рекогносцировочных) работ является получение геолого-геофизических данных о площади исследования (тип геоэлектрических разрезов, наличие электрических экранов в перекрывающих отложениях, степень трещиноватости, кавернозности и закарстованности массива, наличие тектоники и т.д.). Кроме того, по результатам общих исследований выбираются длина разносов и оптимальный шаг наблюдений для детальных работ. В благоприятных случаях на стадии общих работ проводятся поиски подземных полостей.

Задачей детальных работ является непосредственно поиск и оконтуривание подземных полостей в пределах площади исследования.

I.IO. Рекогносцировочные работы рекомендуется проводить по сравнительно редкой сети наблюдений. Для ВЭЗ эта сетка составляет IOOxI50 м (при сравнительно простых инженерно-геологических условиях 200x50 м), для электропрофилирования – 25x5м (или 50xIO м).

I.II. Рекогносцировочные профили, как правило, намечаются по основным геоморфологическим элементам изучаемой площади, вкрест предполагаемого направления горных выработок. При отсутствии каких-либо сведений о подземных выработках рекомендуется проводить работы по системе ортогональных профилей.

Шаг наблюдений для схемы электропрофилирования (СЭП, КЭП, АВ *fix* , ПМНП) на этой стадии должен быть не более $d/2$, где d – ширина системы выработок (например, для Подольска эта величина составляет IO–I5 м, для Перми – I5–20 м).

I.I2. Если по изучаемой площади имеются материалы предшествующих электроразведочных работ (ВЭЗ, КВЗ, ЭП), по которым можно получить необходимые сведения о геоэлектрическом разрезе, поисковые работы следует проводить в один этап (детальный).

I.I3. Детальные работы рекомендуется проводить по сетке IO x 2м.При отсутствии данных о направлении горизонтальных

выработок работы проводят по системе ортогональных профилей. Выявленные в результате детальных работ аномальные зоны контролируются одиночными профилями с шагом наблюдения $d/3$, но не менее 0,5 м. Такая детальность необходима для правильного выбора места заложения скважины. Длина одиночного профиля составляет не более $5n$, где n – ширина аномальной зоны.

I.I4. Все профили (общие и детальные) должны быть вынесены в натуру и закреплены соответствующими знаками (вешками). Топографо-геодезическое обеспечение должно проводиться в соответствии с требованиями главы 9 СН 2I2-73.

2. МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ

2.I. Методика поиска и оконтуривания подземных горных выработок горизонтального типа, наряду с традиционными электроразведочными методами (ВЭЗ, КВЗ, СЭП и т.д.), включает проведение на детальном этапе электропрофилирования по схеме (способу) "вычитания полей" (ПМВП) и эманационной съемки (ЭС).

2.2. *Работы по методам и схемам* ВЭЗ(КВЗ), ВЭЗ МДС, СЭП, КЭП и АВ*fix* проводятся в соответствии с "Инструкцией по применению электроразведки при инженерных изысканиях для строительства" (РСН 43-74).

Особенностью работ по схеме ВЭЗ (КВЗ) является более детальная сетка линий АВ/2. Ступень перехода от предыдущей к последующей линии полуразносов должна быть кратной $\sqrt[10]{10} = 1{,}26$. В ряде случаев ступень перехода может составлять I,I0-I,I5. Важным качественным показателем служит расхождение значений $\rho_к$, измеренное на приемных линиях M_1N_1 и M_2N_2.

В случае горизонтальных границ раздела при переходе от одной линии MN к другой значение $\rho_к$, как правило, отличается не более чем на I0%. При наличии в разрезе локальных неоднородностей (типа полость), или наклонных границ раздела (более 15^0) расхождение в значениях $\rho_к$ составляет 30-70%.

2.3. Для изучения участков I категории сложности рекомендуется проведение ВЭЗ по сетке 25 х 25 м и одного из методов профилирования (СЭП, КЭП, АВ*fix*) по сетке 25 х 25 м.

Контрольные профили электропрофилирования в аномальной зоне рекомендуется проходить с шагом I-2 м. Разносы линий АВ следует ориентировать вкрест предполагаемого направления выработок.

2.4. Основные поисковые геофизические методы для изучения участков П-IУ и частично У категории сложности (ПМВП и ЭС) проводятся по принятой детальной сетке профилей (IO х 2м). На участках с большой интенсивностью блуждающих токов, исключающих использование аппаратуры на постоянном токе, проводится только эманационная съемка.

2.5. В пределах наиболее характерных аномальных зон проводится контрольное бурение. Забой скважин (глубина) должен быть ниже подошвы предполагаемых выработок не менее чем на 3 м.

В контрольных скважинах для более тщательного изучения сохранности пород и установления наличия трещин, открытых полостей и крупных каверн следует проводить каротаж по методу скользящих контактов (МСК) и особенно кавернометрический каротаж (КМ).

2.6. При регистрации кривых МСК необходимо, чтобы сопротивление цепи с измерительным током было как можно меньше для того, чтобы наиболее четко отмечалось изменение сопротивления электрода, скользящего по стенке скважины; общее сопротивление цепи не должно превышать IOO Ом. Скорость подъема зонда МСК не должна превышать IOO м/ч.

Кавернометрию следует проводить одним из серийных каверномеров (например, типа КМ-I). Измерения каверномером проводят при подъеме снаряда со скоростью не более 500 м/ч. Подробная методика работ по МСК и кавернометрии изложена в инструкции [I3].

Электропрофилирование по схеме (способу) "вычитания полей"

2.7. Электропрофилирование по указанной схеме является одним из вариантов дифференциальной схемы электроразведки. Сущность способа заключается в том, что на каждой точке опре-

делят значение $\rho_т$, связанное функционально со значением кажущегося удельного электрического сопротивления, при одной измерительной линии MN и двух питающих линиях A_IB_I и A_2B_2. Источники тока в них строго раздельные, а направление токов противоположно, что позволяет фокусировать электрическое поле в заданном интервале глубин.

Поле, обусловленное малой питающей линией (A_IB_I), позволяет снизить влияние поверхностных неоднородностей и повысить полезную информацию с интересующих глубин.

2.8. Для выполнения работ могут быть использованы серийная электроразведочная аппаратура и оборудование: электроразведочный прибор типа АЭ-72 (или снятый с производства прибор ЭСК-I); миллиамперметр типа М-23I, реостат с сопротивлением 3-I0 ом, набор сопротивлений и две батареи типа ГРМЦ или АМЦГ. Монтажная схема установки ПМВП приведена в прил. 4.

2.9. Технологический цикл наблюдений на точке включает (в порядке последовательности их проведения) следующие операции:

измерение величины ΔV_1 и J_1 при включенных линиях A_IB_I и MN;

вычисление величины тока J_2 в большой питающей линии A_2B_2 по формуле

$$J_2 = \frac{J_1}{D}. \qquad (I)$$

Коэффициент D в формуле (I) определяется из равенства

$$D = \frac{K_1}{K_2} \cdot \frac{l_2}{l_1}, \qquad (2)$$

где K_I и K_2 – соответственно коэффициенты геометрических размеров малой и большой питающих линий;

l_1 и l_2 – полуразносы малой и большой питающих линий;

подбор тока J_2 в линии A_2B_2 при помощи реостата и набора сопротивлений;

измерение величины ΔV_2 при включенных линиях A_2B_2 и MN;

измерение величины Δ (ΔV), при этом тумблером включают обе питающие линии с противоположным направлением тока в них;

вычисление величины ρ_T по формуле

$$\rho_T = \frac{\Delta V_1 \cdot \Delta V_2}{J_1 \cdot \Delta(\Delta V)}, \qquad (3)$$

где

$$K_T = K_1 \frac{l_2 - l_1}{l_1}. \qquad (4)$$

2.10. Для выполнения полевых работ рекомендуется принимать отношение длин питающих линий l_2/l_1 в пределах 1,7–2. Отношение меньшей питающей линии к приемной l_1/MN следует брать не менее 5–7.

Оптимальную величину действующего расстояния l_0 рекомендуется подбирать на основе опытных (параметрических) работ. Действующим расстоянием установки ПМВП считается среднее арифметическое из полуразноса меньшей l_1 и большей l_2 питающих линий:

$$l_0 = \frac{l_1 + l_2}{2}. \qquad (5)$$

Примечание. Для приближенных определений величины ρ_T рекомендуется брать действующее расстояние, равное $3–4\,h$, где h – предполагаемая глубина залегания выработок.

2.11. В процессе проведения полевых работ по отработанным профилям строят графики ρ_K и ρ_T и проводят первичный анализ всех полученных аномалий, их корреляционную увязку между собой и т.д.

Эманационная съемка (ЭС)

2.12. Эманационная съемка – это полевой радиометрический метод, основанный на изучении эманационного поля, то есть пространственного распределения концентрации свободной эманации подпочвенного слоя рыхлых отложений.

Эманационную съемку производят с целью поиска месторождений радиоактивных руд, прослеживания под насосами тектонических нарушений, обнаружения движения оползней, а также прогибаний геологических образований (трещин в блоках пород) над отработанными подземными горными выработками.

2.13. Количественной характеристикой эманирования пород является коэффициент эманирования $K_{эм}$. Он равен отношению ко-

личества свободной эманации ко всему количеству эманации, находящейся в равновесии с материнским веществом (радием или его изотопами):

$$K_{эф} = \frac{Q_{своб}}{Q_{равн}} . \qquad (6)$$

Коэффициент эманирования выражается в долях единицы или процентах.

Эманирование горных пород зависит от многих факторов (химического состава, наличия микро- и макроскопических дефектов в минералах, степени нарушения структуры минералов и т.д.). Значение коэффициента эманирования может существенно возрастать при тектонических нарушениях, выветривании пород, прогибаниях приповерхностных образований.

2.I4. Концентрация свободной эманации (радона или торона) в блоках пород над выработками весьма незначительна. Как правило, величина аномалии в I,5–2 раза отличается от фоновой. По своей структуре аномалии эманационного поля могут быть положительными (больше натурального фона) или отрицательными (меньше натурального фона). По опыту работ установлено, что в большинстве случаев выработанные (пустотные) пространства связаны с минимумом значений эманационного поля. Это, по-видимому, объясняется хорошей циркуляцией (проветриваемостью) почвенного воздуха в зоне влияния горизонтальной выработки.

2.I5. Эманационные исследования не рекомендуется проводить на участках с высоким стоянием уровня грунтовых вод (при залегании от поверхности до 5 м), а также в зимнее время при наличии промерзания грунта и снеговом покрове более 20 см.

2.I6. Эманационные работы проводят эманометром типа "Радон" или другим аналогичным прибором, предназначенным для определения концентрации радона и торона в почвенном воздухе и в пробах воды. Техническая характеристика и общий вид прибора типа "Радон" приведены в прил. 3 и 5.

2.I7. Порядок проведения работ на точке следующий:

вручную (или механически) проходят вертикальный шпур глубиной 0,8–I м и диаметром 30–35 мм;

в шпур устанавливают пробоотборник и герметизируют его устье (обсыпают грунтом) для уменьшения влияния атмосферного воздуха;

определяют фон сцинтилляционной камеры прибора;

в течение 10-15 с закачивают почвенный воздух в камеру;

после одноминутной экспозиции берут отсчет по электромеханическому счетчику (ЭМС);

на аномальной точке определяют состав эманаций, проводят замеры через 15 с, 1, 2 и 3 мин;

по окончании измерений прокачивают камеру атмосферным воздухом (10-15 "качков"), после чего переходят на следующую точку. Показания прибора после прокачивания камеры атмосферным воздухом не должны превышать первоначальный фон.

2.18. При проведении эманационных работ контролируют работу эманометра. Для этого наблюдают показания прибора с контрольной камерой и в шпуре на контрольном пункте (КП). Измерения с контрольной камерой позволяют судить о постоянстве чувствительности прибора, а на КП - об изменении концентрации эманации за счет метеорологических условий.

КП следует устанавливать на каждом отрабатываемом участке, как правило, вне аномальных зон, на них следует выполнять измерения в начале и в конце рабочего дня.

2.19. Не реже одного раза в три месяца производят градуировку эманометра в целях определения цены деления прибора в единицах эман на имп/мин. Основные операции при градуировке и способы градуирования приведены в прил. 6.

Примечание. При проведении поисковых работ в ряде случаев допускается показания прибора давать в относительных единицах - имп/мин.

2.20. В процессе проведения полевых работ следует вести предварительную обработку, в которую входит:

построение графиков эманационной съемки;

вычисление основных параметров (отношение радона к торону до и после деэманирования);

сглаживание графиков, анализ аномалий и их корреляция;

взаимоувязка с электроразведочными данными;

составление предварительной карты эманационной съемки.

3. ОБРАБОТКА И КОНТРОЛЬ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

3.I. Обработка и анализ результатов, полученных различными методами, проводятся, как правило, совместно.

Все аномалии $P_т$ и эманационного поля подвергают тщательному анализу, который включает:

оценку, разбивку и отбраковку аномалий по характерным признакам;

установление коррелируемости по соседним профилям;

оценку степени расхождения центров аномалий электрического и эманационного полей;

определение уровня помех и т.д.

3.2. Аномалии могут быть локальные (одиночные), групповые и зонные. По характеру структуры аномалий проводят классификацию участка работ. Аномалии эманационного поля для нашего случая относятся к двум типам: аномалии экранирования и аномалии эманирования. При обработке нас интересует последний тип аномалий. Аномалии экранирования возникают вследствие скопления эманации под газонепроницаемыми слоями (например, глинами, дорожным покрытием и т.д.). Концентрация эманации в аномальных зонах того типа с течением времени падает (при двух-трехчасовых измерениях). Поэтому при анализе аномалий важно оценивать геолого-геофизический разрез в зоне аномалии для правильной их отбраковки.

3.3. На графики ПМПП в аномальных зонах накладывают данные эманационной съемки. В случае совпадения аномалий электрического и эманационного полей, их корреляции по соседним профилям делают вывод о наличии возмущающих объектов и намечают точки для бурения параметрических (контрольных) скважин.

3.4. Обработку и интерпретацию данных электроразведки (ВЭЗ, КВЭ, ЭП), проводимых для изучения участков I категории сложности, а также при рекогносцировочных работах для изучения участков П-IУ категории, выполняют в соответствии с РСН 43-74.

При обработке СЭП с двумя приемными линиями рассчитывают параметр расхождения η (в %) по формуле

$$\eta = \frac{\rho_к^{M_2N_2} - \rho_к^{M_1N_1}}{\frac{\rho_к^{M_1N_1} + \rho_к^{M_2N_2}}{2}} \cdot 100 . \qquad (7)$$

В случае проведения комбинированного профилирования (см. п. I.6) определяют разность значений $\Delta\rho_к$ по формуле

$$\Delta\rho_к = \rho_к^{(A)} - \rho_к^{(B)}, \qquad (8)$$

где $\rho_к^{(A)}$ - кажущееся удельное электрическое сопротивление, измеренное установкой $AMNC \to \infty$, Омм;

$\rho_к^{(B)}$ - кажущееся сопротивление, измеренное установкой $BMNC \to \infty$, Омм.

3.5. По рассчитанным параметрам геоэлектрического разреза строят план изоом, план изоом по разностным значениям $\Delta P_к$, план η, а также графики этих параметров по профилям. На построенных планах и графиках выделяют аномальные значения вычисленных параметров, проводят их корреляцию и сопоставление. При геологическом истолковании следует учитывать на площадках наличие асфальто-бетонных покрытий, инженерных сетей, аномальный эффект от которых может быть сравним с аномальным эффектом от подземных выработок, особенно для параметра η.

3.6. Если значения η отрицательны и больше I0% по абсолютной величине, а значения $P_к$ выше нормальных (фоновых) значений, в разрезе имеется возмущающий объект типа незаполненной пустоты; если значения кажущихся сопротивлений ниже или равны нормальным (фоновым) значениям на этом участке профиля, в разрезе имеется ослабленная зона.

3.7. В выявленных аномальных зонах проводят бурение контрольных скважин. В целях точного определения мест заложения скважин рекомендуется провести повторные геофизические измерения в районе аномальных пикетов согласно п. I.4. Если по условиям местности проходка скважины затруднена в данной точке, ее следует сместить в сторону предполагаемого простирания выработки.

3.8. На основе предварительной обработки полевых геофизических материалов, их уточнения и корректировки по результатам контрольного бурения и каротажа проводят окончательную интерпретацию геофизических данных.

3.9. Отчетная документация должна содержать следующие основные материалы:

карту (или план) фактического материала на топооснове М 1:500 (или 1:1000);

карты значений $\rho_т$ и $\mathcal{J}$ в изолиниях (изоом и изоэман);

совмещенные графики аномальных профилей $\rho_т$ и $\mathcal{J}$;

карты значений $\rho_к$, $\Delta\rho_к$, η в изолиниях;

круговые диаграммы КВЗ;

план (карту) результатов работ с нанесенными контурами выработок (пунктиром - предполагаемое их местоположение, сплошной линией - оконтуренные бурением).

ЛИТЕРАТУРА

1. Брашнина И.А. Методика геофизических исследований в районах развития карста. - В кн.: Методика геофизических исследований при инж.-строит. изысканиях, 1972, (Тр.ПНИИИСа, т.ХУ).

2. Брашнина И.А. Применение способа "вычитания полей" при инженерно-геологических изысканиях в карстовых районах. - Инж.-строит. изыскания. М., Стройиздат, 1974, № 1.

3. Вешев А.В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе. Л., Недра, 1965.

4. Матвеев Б.К. Методика геофизического изучения карстовых полостей на примере работ в районе Кунгурской пещеры. - В кн.: Методика изучения карста. Пермь, 1963, вып. 5.

5. Матвеев Б.К. Интерпретация электромагнитных зондирований. М., Недра, 1974.

6. М-во черной металлургии, ВИОГЕМ. Методические указания по определению трещиноватых и закарстованных зон с поверхности и из горных выработок. Белгород, 1968.

7. Огильви А.А. Геоэлектрические методы изучения карста. Изд-во МГУ, 1957.

8. Инструкция по применению электроразведки при инженерных изысканиях для строительства ВСН 43-74, М., 1975.

9. Горбушина Л.В., Рябоштан А.И. Применение эманационной съемки для картирования зон современных тектонических движений. Авт.свидет. № 396659.

10. Демин Н.В., Христич В.А. Применение эманационной съемки

для картирования геодинамических зон. - Тезисы докладов П республиканского совещания по внедрению геофизических методов изысканий для строительства, состоявшегося в Новгороде 8-9 сентября 1976 г. М., 1976.

11. ЦТИСИЗ. Рекомендации по геофизическому исследованию закарстованности территорий, предназначенных для строительства. 1971.

12. Карпова Е.Н. Эманационная съемка. Изд-во МГУ, 1976.

13. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований в скважинах. М., Госгеолтехиздат, 1963.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение I

Форма записи электроразведочных наблюдений
по схеме "вычитания полей"

Участок _____ Дата _____

Профиль _____ Погода _____

Азимут _____ Прибор: тип _____ № _____

Шаг установки _____ Время наблюдения: _____

M _____ начало _____

конец _____

№ пикета	K_1	J_1	ΔV_1	ρ_{K_1}	D	K_2	ΔV_2	J_2	ρ_{K_2}	K_T	$\delta(\Delta V)$	ρ'_T	Примечание

Оператор

Вычислитель

Проверил

Приложение 2

Форма записи эманационных наблюдений

Участок _____ Дата _____

Профиль _____ Погода _____

Азимут _____ Прибор: тип _____ № _____

Шаг наблюдений _____ Время наблюдений: _

Показание прибора на КП: начало _____

в начале работы _____ конец _____

в конце работы _____

№ пикета	Натуральный фон камеры	Отчет по ЭМС, имп/мин	Примечание

Оператор _____

Проверил _____

Приложение 3

Техническая характеристика эманометра типа "Радон"

I. Пределы измерения: 0-50; 0-250; 0-I000; 0-5000 имп/с.

2. Чувствительность прибора - не менее 2,8 имп/с·$I0^{-7}$кюри/$м^3$ при трехчасовом накоплении продуктов распада радона.

3. Нелинейность эталонировочных графиков не превышает 5% в конце каждого предела.

4. Прибор нормально работает в диапазоне температур от -I0 до +50°С.

5. Масса (в комплекте) - 32 кг.

Комплектность прибора (прил. 5)

Измерительный блок . . . . . I;
Блок пересчета . . . . . I;
Насос . . . . . .I;
Пробоотборник для твердых почв . . . . . I;
Пробоотборник для мягких почв . . . . . I.

Прибор разработан ОКБ Мингео СССР.

Изготовитель - Мытищенский приборостроительный завод.

Стоимость прибора в комплекте 780 руб.

Приложение 4

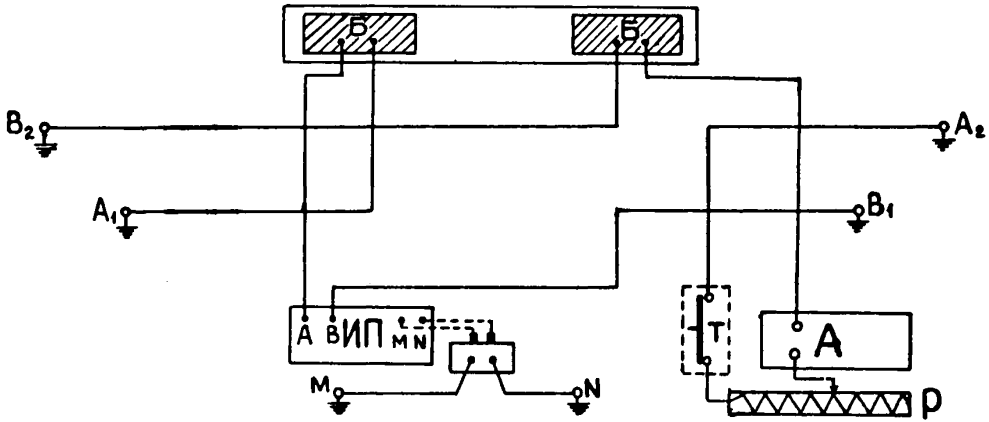
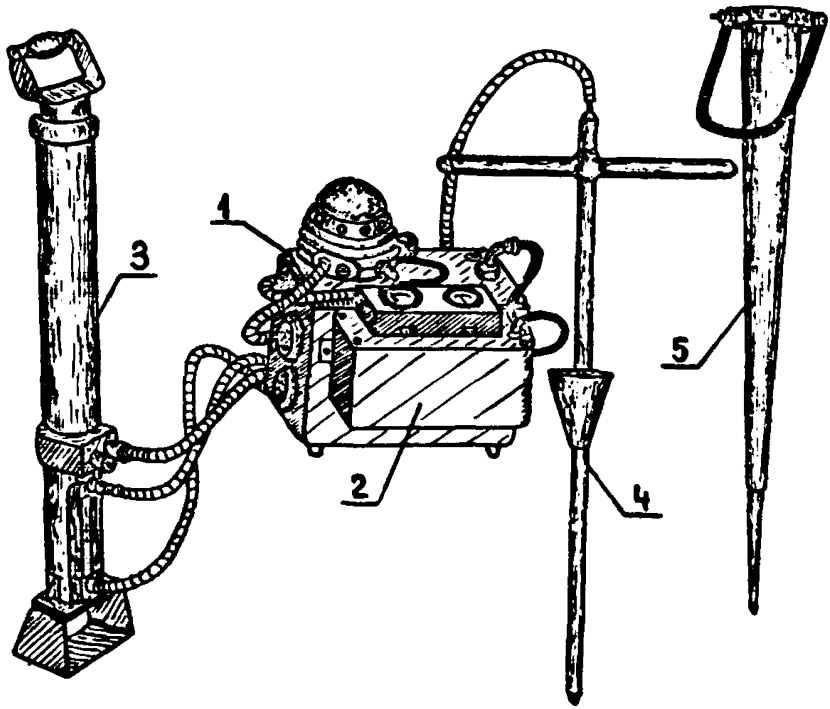


Схема установки ПМПП

ИП - измерительный прибор (АЭ-72, ЭСК-I, ЭП-I); А - амперметр; Р - реостат; Т - тумблер включения линии $A_1B_1A_2B_2$; Б - источники питания; A_1B_1 и A_2B_2 - питающие линии; MN - приемная линия

Приложение 5



Общий вид эманометра "Радон"

I - измерительный блок; 2 - блок пересчета; 3 - насос; 4 - пробоотборник для твердых почв; 5 - пробоотборник для мягких почв

Приложение 6

Градуировка эманометра

Градуировку эманометра проводят при фиксированной чувствительности прибора. Целью градуировки является определение цены деления прибора. Для градуировки используют образцовые жидкие радиевые источники, содержащие 10^{-8} - 10^{-9} г радия. Количество радия, находящегося в растворе, указано в паспорте на образцовый источник.

Градуировка прибора включает ряд подготовительных операций и заключается в следующем.

I. Жидкий радиевый источник из ампулы переливают в барботер. Остатки раствора со стенок ампулы смывают дистиллированной водой так, чтобы общее количество жидкости в барботере составляло I/3 его объема.

2. Радиевый раствор в барботере продувают струей воздуха в течение I0 мин для удаления свободного радона. Барботер запаивают, на специальной бирке фиксируют дату и час запайки.

3. Запаянный барботер оставляют на несколько суток для накопления в нем радона из радия. Количество радона рассчитывают по формуле. Если время накопления радона более 30 сут, то между радоном и радием практически устанавливается равновесие.

4. Радон переводят в эманационную камеру вакуумным или циркуляционным способом (схемы градуировки манометра приведены ниже).

При вакуумном способе перевода радона в камеру проводят следующие операции. Воздух из камеры откачивают с помощью насоса, входящего в комплект прибора. После откачивания камеры все краники должны быть закрыты. Не вынимая из резиновых трубок запаянных концов барботера, обламывают сначала запаянный конец *б* и, приоткрывая краники В и С, дают возможность радону перейти из барботера в камеру. Для полного перевода радона надламывают другой запаянный конец барботера *а*, приоткрывают краник А и пропускают струю атмосферного воздуха через раствор. Это делают осторожно, чтобы не выплеснуть жидкость из барботера вследствие разряжения в камере. Открывая краник, поток воздуха через барботер регулируют таким образом, чтобы струя выходила из нижнего

конца барботера в виде отдельных пузырьков. Как только появление пузырьков воздуха прекратится при полностью открытом краниге А, переход радона в камеру заканчивается. Закрывают краник С камеры и начинают измерения.

При циркуляционном способе собирают замкнутую систему. Последовательно надламывают оба конца барботера, постепенно открывают все краники, а затем с помощью груши прокачивают воздух в системе в течение 6-8 мин. Тем самым создают возможность радону распространиться равномерно по всему объему циркуляционной системы. При этом в эманационной камере будет находиться только часть радона, накопившегося в барботере, определяемая отношением $V_к / V_{общ}$, где

$$V_{общ} = V_к + V_{ос} + V_{гр} + V_б - V_р + \alpha V_р ;$$

$V_к$ - объем измерительной камеры;
$V_{ос}$ - объем осушителя;
$V_{гр}$ - объем резиновой груши и соединительных трубок;
$V_б$ - объем барботера;
$V_р$ - объем раствора в барботере;
α - коэффициент растворимости эманации в воде.

По окончании перевода радона в камеру закрывают краники на входе и выходе измерительной камеры и приступают к измерениям.

5. Отсчеты показаний прибора берут в течение 2-3 ч. В это время показания будут возрастать за счет накопления продуктов распада радона. Отсчеты по прибору проводят через I-2 мин в первые I5-20 мин измерений и далее через I0-I5 мин.

По данным измерений строят график зависимости показаний прибора в условных единицах от времени. Момент окончания перевода радона в камеру принимают за начало отсчета $t' = 0$, при этом $J_{t'} = J_0$. Значение J_0 принимают за условную единицу.

Так как моменты первых измерений могут быть отсчитаны неточно, экспериментальные данные сравнивают с расчетными. Через 2-3 ч. после введения радона в камеру кривая нарастания показаний прибора достигает насыщения, что соответствует установлению равновесия между радоном и продуктами его распада.

6. Цену деления или так называемую постоянную прибора в эман/(имп/мин) рассчитывают по трехчасовому показанию J_3 по формулам:

при вакуумном способе градуировки

$$j = \frac{Q_{Ra}\,(1 - e^{-\lambda_{Rn} t}) \cdot 10^{10}}{\mathcal{J}_3 \cdot V_K} ;$$

при циркуляционном способе градуировки

$$j = \frac{Q_{Ra}\,(1 - e^{-\lambda_{Rn} t})}{\mathcal{J}_3 \cdot V_{общ}} ,$$

где Q_{Ra} - количество радия в жидком источнике, г;

$V_K, V_{общ}$ - объем камеры и общий объем, занимаемый радоном в циркуляционной системе;

λ_{Rn} - постоянная распада радона.

Так как показания прибора зависят от настройки чувствительности, полученное значение цены деления остается справедливым лишь при установленной чувствительности прибора.

Настройку чувствительности эманометра проводят с помощью потенциометра регулировки чувствительности. Чувствительность прибора $\mathcal{E}_0$ в (имп/мин)/эман определяется:

$$\mathcal{E}_0 = \frac{1}{j} .$$

Для перестройки чувствительности прибора необходимо установить контрольную камеру и провести отсчет показаний прибора $\mathcal{J}_0$ в имп/мин, затем вычислить активность контрольного препарата С в эквивалентных эманах:

$$C = \mathcal{J}_0 \cdot j .$$

Для того чтобы установить чувствительность прибора $\mathcal{E}_x$, необходимо установить показание прибора от контрольного препарата равным $\mathcal{J}_x$. Значение $\mathcal{J}_x$ рассчитывают из соотношения

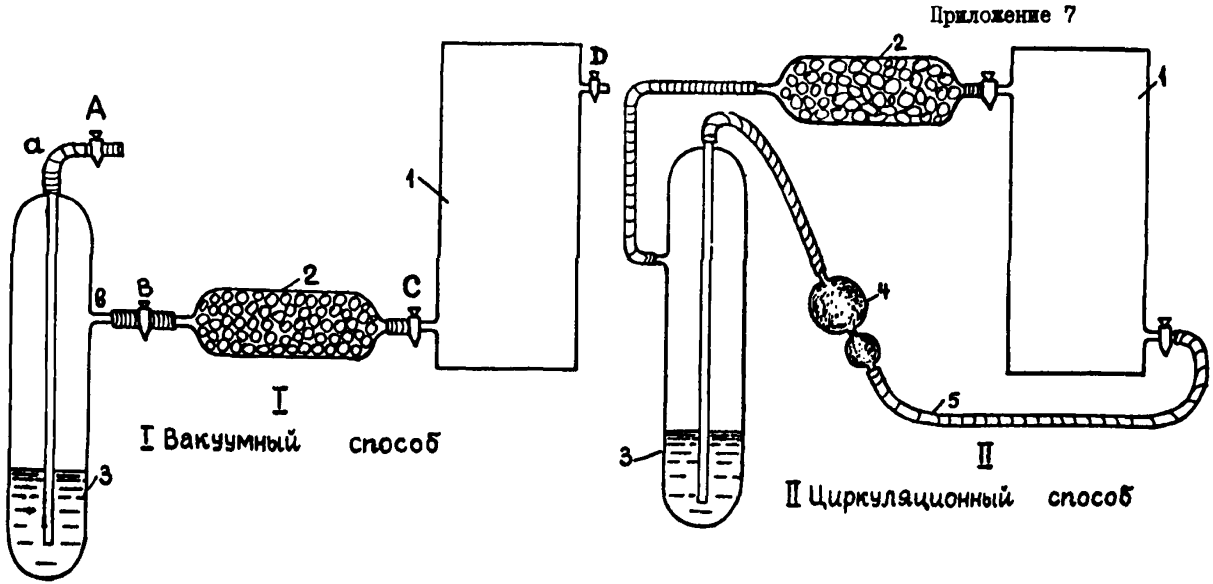
$$C = \frac{\mathcal{J}_0}{\mathcal{E}_0} = \frac{\mathcal{J}_x}{\mathcal{E}_x} \quad \text{или} \quad \mathcal{J}_x = \mathcal{J}_0 \cdot \frac{\mathcal{E}_x}{\mathcal{E}_0} .$$

При значении чувствительности $\mathcal{E}_x$ цена деления будет равна:

$$j_x = j \cdot \frac{\mathcal{E}_x}{\mathcal{E}_0} .$$

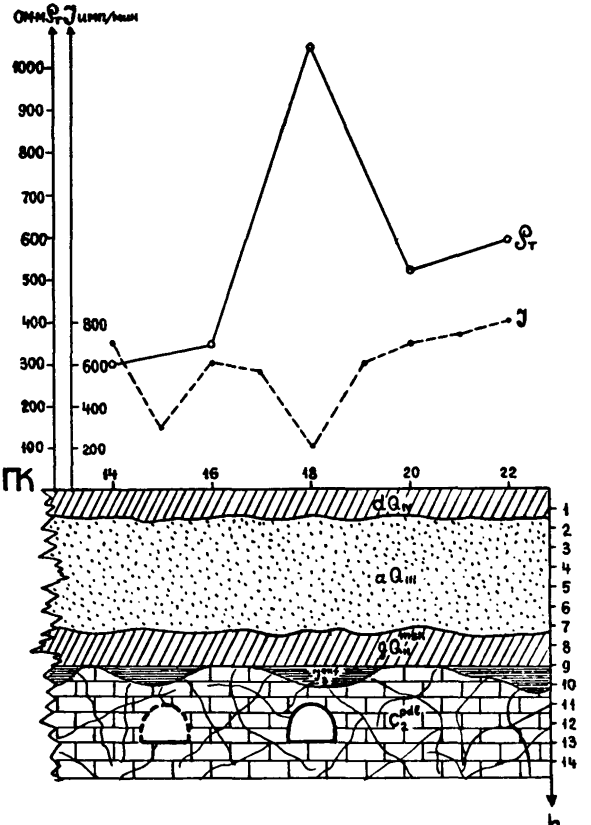
Измерения с контрольным препаратом, проведенные сразу после градуировки и настройки чувствительности прибора, являются обязательными и служат для того, чтобы следить за постоянством чувствительности прибора в процессе его эксплуатации. Результат измерения фиксируют в паспорте прибора или специальном журнале.

Приложение 7



Схемы градуировки эманометра

I – измерительная камера; 2 – осушитель; 3 – барботер; 4 – резиновая груша; А,В,С,Д – краники; а, в – запаянные стеклянные концы барботера, которые перед опытом надламываются; 5 – соединительная резиновая трубка



Форма геофизических аномалий ($\rho_т, J$) над горными выработками

"Рекомендации по поиску и оконтуриванию подземных горных выработок геофизическими методами" разработаны нормативно-методологическим отделом производственного объединения "Стройизыскания" в соответствии с тематическим планом на 1978 г.

Рекомендации регламентируют методику полевых и камеральных работ при проведении поиска и оконтуривания подземных горных выработок горизонтального типа на глубину до 30 м.

Рекомендации составил инж. В.В. Лисицын.

gost.e-ecolog.ru