

**В.И. Голик, Т.Т. Исмаилов, Б.Т. Исмаилов, Д.А. Мельков**  
**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**  
**МАССИВОВ**

**О**сновные направления инженерно-геологических исследований: изучение строения и состояния верхней зоны литосферы, разработка классификаций пород с обобщённой характеристикой, изучение причин возникновения и развития геологических процессов, изучение взаимодействия техногенных сооружений с геологической средой и разработка инженерно-геологических прогнозов.

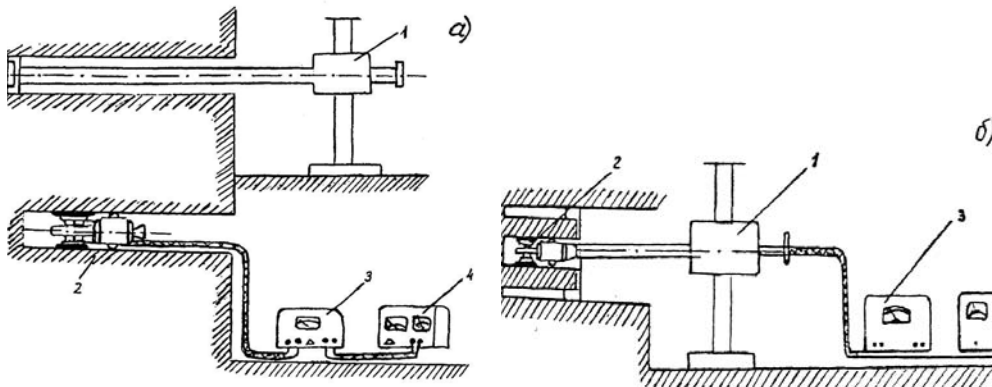
**Геомеханика.** Механика горных пород изучает механику процессов в массиве: изменение напряжённого состояния массивов пород в связи с проведением выработок, сдвиги пород, взаимодействие пород с искусственными сооружениями, динамические проявления горного давления - горные удары, выбросы пород и воды и др.

Методы горной геомеханики: натурные наблюдения и инструментальные измерения напряжений, деформаций, параметров сдвига, моделирование, аналитические расчеты. Напряжённое состояние массива и величина соответствующих деформаций пород измеряют механическими способами (рис. 1).

Сушность струнного метода заключается в изменении частоты собственных колебаний струны в зависимости от действующих в ней растягивающих напряжений (рис. 2).

Методами горной геомеханики изучают поведение пород на больших глубинах и исследование влияния на массивы пород динамических нагрузок: массовые взрывы, природные и техногенные землетрясения и т.п. явления.

В 20-е г. прошлого века родились научные школы по изучению сдвига пород. В 30-е г. изучали поля напряжений вокруг выработок на основе теории упругости. В 1935-40 г. появились методы прямого определения напряжений в массивах. В 1936 г. родились методы моделирования с использованием эквивалентных материалов. В 40-50-е г. созданы способы расчёта целиков, способы расчёта горного давления на основе строительной механики и сопротивления материалов. В 60-е г. изучен механизм взаимодействия массива пород и крепи как элемента, свойства которого влияют на условия деформирования массива. В 60-70-х г. исследовались реологические процессы в массивах и особенности деформирования пород в условиях неравномерных нагрузок при высоком горном давлении. Применением конечно-разностного и вариационно-разностного численных методов аналитически определялись параметры напряжённо-деформированного состояния структурно-неоднородных пород. Конкретизировались представления о природе



**Рис. 1. Измерение напряжений в массиве:** а - методом параллельных скважин; б - методом деформаций отверстия; 1 - станок, 2 - датчик деформаций; 3 - генератор накачки; 4 - регистратор

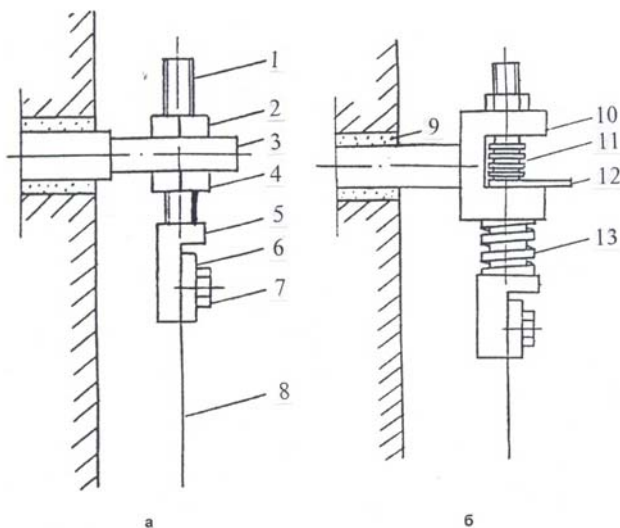
горного давления в тектонических полях напряжений.

В последние десятилетия созданы основы математической теории горного давления, предложены способы расчёта горного давления с учётом податливости крепей, статистические методы решения задач горной геомеханики, закономерности геомеханических явлений в скальных массивах и др.

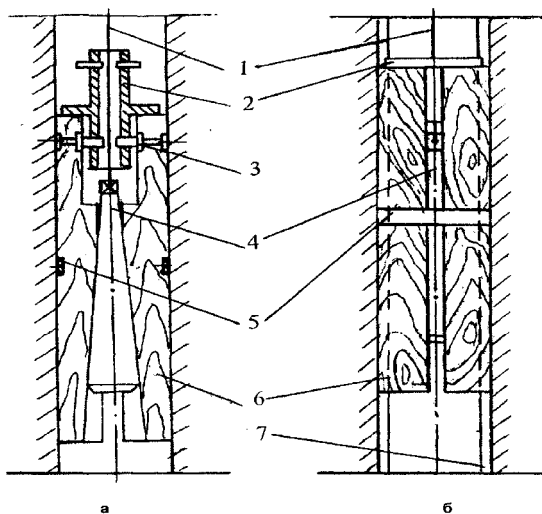
При изучении сдвижений и деформаций пород глубинными реперами в скважины оборудуют глубинными реперами (рис. 3).

Перемещение пород изучают с помощью грунтовых реперов. Реперы наблюдательных станций закладывают по профильным линиям, ориентированным по простиранию и вкрест простирания рудных тел. Количество профилей зависит от размера рудного тела, горно-геологических условий и изученности процесса сдвижения.

Каждая станция имеет не менее двух профилей вкрест простирания и один профиль по простиранию. Профильные линии состоят из опорных и рабочих реперов. Основные реперы закладываются не



**Рис. 2. Конструкция струнных тензометров:** а, б - при постоянном и периодическом режимах натяжения струны; 1 - болт; 2 - гайка; 3 - репер; 4 - фиксирующая гайка; 5, 6 - несущая и защитная планки; 7 - зажимная гайка; 8 - струна; 9 - бетон; 10 - корпус репера; 11 - фиксирующие пазы; 12 - фиксирующая шайба; 13 - пружина



**Рис. 3. Конструкция реперов:** а, б - для неглубоких и глубоких скважин; 1 - проволока; 2 - опорная втулка; 3 - стяжной винт с гайкой; 4 - стержень; 5 - резиновые кольца; 6 - деревянные сегменты; 7 - направляющие тяги

менее двух на концах профильных линий вне ожидаемой зоны сдвижения земной поверхности или пород в горных выработках. Рабочие реперы располагают через 15-20 м по профильной линии в пределах ожидаемой зоны сдвижения горных пород и земной поверхности

**Натурные наблюдения** включают в свой состав измерение элементов залегания, описание и зарисовку обнажений, отбор образцов пород, проведение натуральных испытаний и определение свойств пород в массиве.

Основная задача инженерно-геологических исследований: прогнозирование параметров взаимодействия техногенных сооружений с природной геологической средой

Микроструктурный анализ горных пород производится путем изучения структуры динамо-метаморфизованных пород, интрузивных массивов и деформированных осадочных толщ. Из геологических разрезов отбираются определённым образом ориентированные в пространстве образцы пород. В зёрнах одного или нескольких минералов измеряется ориентировка их спай-

ности, оптических осей и другие кристаллографические параметры. Эти данные наносятся на стереографическую сетку. Полученные диаграммы позволяют судить о симметрии и характере тектонических движений, обусловивших деформации и метаморфизм г.

п. Для расшифровки диаграмм проводится экспериментальное изучение механизма деформации пород при высоком гидростатическом давлении и температуре.

Геофизические исследования в скважинах осуществляются методами, основанными на изучении естественных и искусственно создаваемых физических полей, физических свойств пород, содержания и состава компонентов. Применяются для изучения скважин и массива пород в межскважинном пространстве, контроля разработки месторождений.

С помощью приборов, спускаемых в скважину, измеряют геофизические параметры, зависящие от одного или совокупности физических свойств пород и их расположения в скважине. В скважинные приборы входят каротажные зонды, сигналы которых непрерывно или дискретно передаются на поверхность и регистрируются наземной аппаратурой. При электрическом каротаже изучают удельное электрическое сопротивление и активность пород. Различие диффузионно-адсорбционной активности

пород используется в каротаже самопроизвольной поляризации, а способность пород поляризоваться под действием электрического тока - в каротаже вызванной поляризации, основанном на различии потенциалов, возникающих на поверхности контактов минералов с породами.

При электромагнитном каротаже изучают удельную электрическую проводимость, магнитную восприимчивость и диэлектрическую проницаемость индукционными зондами в различных частотах. При магнитном каротаже измеряют магнитную восприимчивость пород и характеристики магнитного поля. Акустический каротаж основывается на регистрации скорости, амплитуды и др. параметров упругих волн ультразвукового и звукового диапазона.

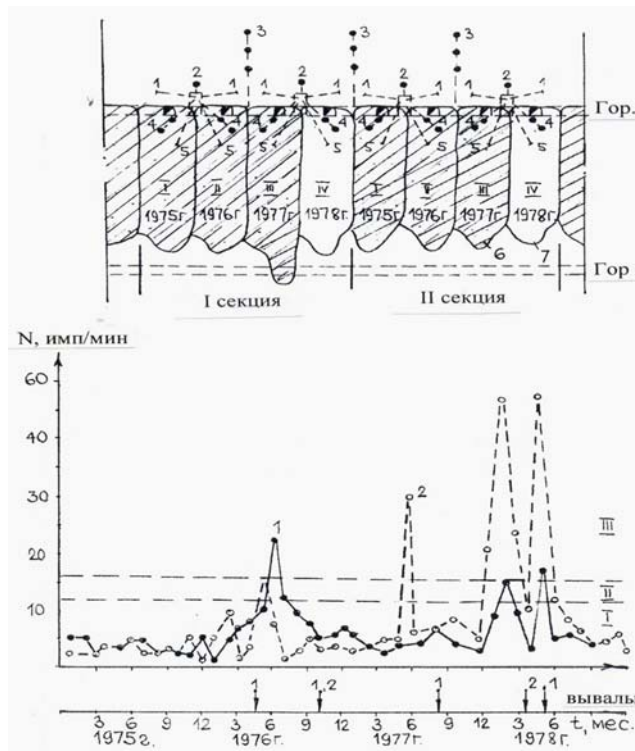
При радиоактивном или ядерно-геофизическом каротаже в скважинах измеряют характеристики ионизи-

рующего излучения. Используют характеристики нейтронного и гамма-излучения, возникающих в породах при облучении их стационарным источником нейтронов или источниками гамма-излучений. При радиоактивном каротаже изучаются характеристики излучения искусственных радиоактивных изотопов, возникающих в породах при облучении их источником ионизирующих излучений.

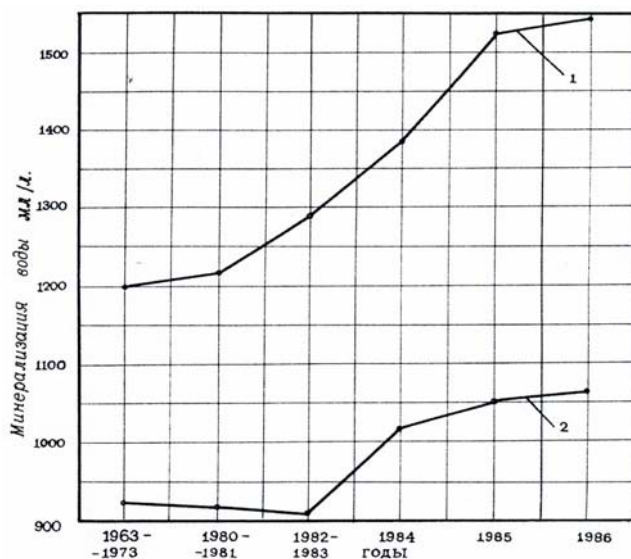
При ядерно-магнитном каротаже изучают изменение электродвижущей силы, возникающей в катушке зонда в результате прецессии протонов в импульсном магнитном поле.

Получаемые данные обеспечивают расчленение разреза скважин, определение их литологии и глубины залегания, выявление минералов и параметров их залегания для подсчёта запасов и оценку физико-механических свойств пород.

Боковой каротаж стенок скважин основан на изучении удельного электрического сопротивления пород при помощи зонда, обеспечивающего распространения тока перпендикулярно стенке скважины. Ток от источника на поверхности подаётся в



**Рис. 4. Комплексное исследование массива под водным объектом:** а - вертикальная проекция залежи: 1, 2 - скважины для проведения наблюдений звукометрических и глубинными реперами; 3 - скважины с глубинными реперами; 4, 5 - скважины для глубинных реперов; 6 - очистные блоки; 7 - выработанное пространство; б - графики звукометрических наблюдений: 1, 2 - кривые первой и второй секций; I, II, III - устойчивое, переходное и неустойчивое состояние массива



**Рис. 5. График изменения минерализации шахтных вод: 1, 2 – до ослабления массива и при раскрытии трещин**

Для оценки устойчивости массива целика используют феномен уменьшения минерализации шахтных вод. Интенсивность проникновения поверхностных вод определяет нарушенность целика раскрытием трещин (рис. 5).

### **Инженерно-геологическое районирование**

заключается в делении приповерхностной зоны земной коры на части, характеризующиеся однородностью инженерно-геологических условий с классификацией выделенных единиц.

Выделяемые территориальные единицы представляют собой массивы пород с содержащимися в них элементами геосфер и физическими полями: гравитационным, геотермическим, электромагнитным и др.

Объединение территориальных единиц в классы позволяет давать им обобщённую характеристику, составлять единые рекомендации по видам инженерных работ, применять метод инженерно-геологической аналогии и т.п.

В горном деле инженерно-геологическое районирование является аналогом построения структурных инженерно-геологических моделей с выделением в пределах массива уровней на разной глубине. **ГИАБ**

скважинный прибор и через электроды зонда поступает в скважину и окружающие породы.

Для измерения гамма-излучения применяют разрядный и сцинтилляционный счётчики, а для измерения нейтронного излучения - пропорциональный и сцинтилляционный счётчики. При импульсном нейтронном каротаже используется установка из импульсного генератора нейтронов и расположенного на некотором фиксированном от него расстоянии индикатора тепловых нейтронов или  $\gamma$ -излучения.

Комплексные наблюдения включают, например, исследование сдвижений поверхности, звукометрические наблюдения из горных выработок с поверхности и анализ минерализации шахтной воды (рис. 4).

### **Коротко об авторах**

Голик В.И. – доктор технических наук, профессор, СКГМИ,  
Исмаилов Т.Т. – кандидат технических наук, доцент, МГТУ,  
Исмаилов Б.Т. – горный инженер, МГТУ,  
Мельков Д.А. – аспирант, ГФЦ РАН и РСО-А.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 1 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. А.М. Гальперин.