

Библиографический список:

1. Кобелев В.Н. «Расчёт трёхслойных конструкций». М.:Машиностроение, 1984. 304с.
2. Панин В.Ф. «Конструкции с сотовым заполнителем». М.:Машиностроение, 1982. 152с.
3. А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. Компьютерные модели конструкций. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009.360с.
4. Михлин С.Г. Вариационные методы математической физики. – М.:Наука, 190. – 512 с.

References:

1. Kobelev V. N. «Calculation of sandwich structures». М.:Mashinostroenie, 1984. 304p.
2. Panin, V. F., «design of honeycomb». М.:Mashinostroit-nie, 1982. 152p.
3. A. S. Gorodetski, I. D. Evzerov. Computer models of designs. Moscow: Publishing house Association building universities, 2009.360 p.
4. Mikhlin S. G. Variational methods in mathematical physics. – М.:Nauka, 190. – 512 p.

УДК 550.34; 622, 831

Магомедов Р.А.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Magomedov R.A.

EVALUATION OF STRESS-STRAIN STATE OF ROCK MASS

Аннотация. Предложен новый способ определения напряженно-деформированного состояния массива горных пород без пропуска отдельных его участков на основе совмещения наблюдений за динамикой пьезометрического уровня в специальных гидрогеологических скважинах заранее спланированной сети и изменением диаметра скважин измеряемого фотоупругими датчиками.

С началом формирования напряженно-деформированного состояния геологической среды, хаотичная структура гидрогеодинамического поля (ГГД-поля) переходит в аномальное состояние определенной формы, в соответствии с геометрической формой и размерами геологической структуры. Замкнутые линии равных аномальных значений пьезометрических уровней образуют кольцевые геометрические структуры, в центральных частях которых наблюда-

ются наибольшие аномальные их значения, соответствующие наибольшей степени напряженно-деформированного состояния массива горных пород. В пределах аномального (возмущенного) ГГД-поля проводят измерения диаметров скважин, фиксируемые фотоупругими датчиками, которые уточняют конкретный напряженно-деформируемый участок (источник напряжений) массива горных пород. Скважины, пробуренные для измерения фотоупругими датчиками изменений их диаметров, располагают в массиве горных пород в шахматном порядке, а специальные гидрогеологические скважины, пробуренные до изолированной водонапорной системы для регистрации аномального (возмущенного) ГГД-поля, располагают в двух взаимно перпендикулярных профилях с учетом геометрической формы контролируемого массива горных пород. Совмещение наблюдений по заранее спланированной сети пьезометров и скважин с фотоупругими датчиками позволит получить более точную картину напряженно-деформированного состояния исследуемого массива горных пород без пропуска его отдельных участков.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, прогноз, пьезометрия, эффективное напряжение, поровое давление.

Abstract. A new method of determining the stress-strain state of the rocks without dropping its individual parts on the basis of combination of observations of the dynamics of piezometric level in special hydrogeological wells of pre-planned network and by the change in the diameter of wells measured by photo elastic sensors is proposed.

With the beginning of the formation of the stress-strain state of the geological environment, the chaotic structure of hydro-geodynamic field(HGD-field) goes into the abnormal condition of a certain form, in accordance with the geometric shape and sizes of the geological structure. Closed lines of equal abnormal values of piezometric levels form geometric circular structures in the Central parts of which are observed their most anomalous values corresponding to the greatest extent of stress-strain state of rock massif. Within abnormal (disturbed) HGD-field is carried out the measurement of the diameters of the wells, fixed by photoelastic sensors which clarify the concrete stress-strain plot (voltages source) of the rock massif. Well drilled for measuring by photoelastic sensors of changes in their diameters, are arranged in the rock massif in a staggered manner, and the special hydrogeological well, drilled up to an isolated water system for the registration of anomalous (perturbed) HGD-field are located in two mutually perpendicular profiles, taking into account the geometric shape of the monitored rock mass. The combination of observations according to a pre-planned network of piezometers and wells with photoelastic sensors will allow to get a more accurate picture of the stress-strain state of the investigated deposits of rock without pass of its separate parts.

Key words: stress-strain state, forecast, piezometers, effective stress, pore pressure.

Введение. Известен способ определения напряжений в массиве горных пород [7], основанный на измерении фотоупругими датчиками диаметра сква-

жины, пробуренной в массиве горных пород, и метод определения напряжений в массиве горных пород, основанный на натурных замерах проявлений горного давления [5]. Наиболее близким к предлагаемому способу оценки является первый. Этот способ дает некоторую информацию о напряженном состоянии отдельного участка массива горных пород. Недостатком этого способа является малая точность и надежность определения напряженно-деформированного состояния всего массива горных пород в целом.

Этот способ может быть применен в условиях идеальной изотропной среды, чего в природе не бывает. Геологическая среда гетерогенна, а изменения в одной точке (в одной скважине) массива горных пород не обязательно означают, что вся геологическая среда (весь исследуемый горный массив) находится в напряженно-деформированном состоянии.

Изменение режима подземных вод, даже не связанное с эндогенными и экзогенными (техногенными и др.) процессами, вызывает деформацию земной поверхности. Локальное разуплотнение пород, изменения физико-химических процессов, техногенное воздействие, которое практически не учитывается в этом случае, и т.д., могут привести к деформационным изменениям пород в горном массиве.

Постановка задачи. Целью предлагаемого способа является повышение достоверности, точности и надежности определения напряженно-деформированного состояния всего исследуемого массива горных пород в целом, без пропуска отдельных его участков. Способ применим в области инженерной геологии, и может быть использован для определения напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

Методы исследования. В предлагаемом способе непрерывные наблюдения за изменениями пластового давления (за динамикой изменения пьезометрического уровня воды в специальных скважинах, пробуренных до изолированной водонапорной системы) и диаметра скважин (измеряемой фотоупругими датчиками), позволят контролировать границы и изменения напряженно-деформированного состояния всего исследуемого массива горных пород без пропуска отдельных его участков.

Обсуждение результатов. Аномальное гидродинамическое поле, представляющее собой поле аномальных значений пьезометрического уровня воды в скважинах, возникает в результате изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Как известно, многолетние исследования особенностей функционирования подземной гидросферы привели к обнаружению новой разновидности естественного поля – ГГД-поля Земли [2-4].

Результаты комплексных исследований ГГД-поля [1,6] были признаны научным открытием (диплом № 273) и зарегистрированы в 1982 г. с формулой: Явление глобально распространённых быстропротекающих пульсационных изменений в гидрогеосфере, обусловленное способностью последней реагировать на изменения напряжённо-деформированного состояния литосферы (Гидрогеологический эффект Варганяна-Куликова).

Изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород происходит не только под воздействием эндогенных сил, но также и в результате хозяйственной деятельности человека.

Создание крупных водохранилищ вызывает увеличение общего напряженно-деформированного состояния массива горных пород, которое происходит за счёт роста поверхностных внешних сил (P_e), численно равных давлению столба воды в водохранилище. Дополнительное напряжение, возникающее в водоносных породах горного массива от весовой нагрузки водохранилища, уравнивается реакцией «скелета» водосодержащей породы и жидкостью.

Это сопровождается ростом эффективного напряжения (давления на «скелет» породы - σ) и давления флюида (P_n). Изменение порового давления и напряжений на «скелет» породы описывается известным равенством $P_e = \sigma + P_n$. Увеличение нагрузки (в частности, строительство водохранилища) проявляется через повышение столба воды в пьезометрической скважине. Другая часть весовой нагрузки от водохранилища, действующая на «скелет» породы, вызывает увеличение эффективного напряжения, которое в явной форме не проявляется и поэтому может быть косвенно измерено непосредственно в скважине (измерением диаметра скважин фотоупругими датчиками).

Гидрогеодинамический режим, возникающий в результате нарушения баланса внешних и внутренних сил, является чутким индикатором изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород в зоне создания и эксплуатации крупных водохранилищ.

Систематические наблюдения за динамикой изменения пьезометрического уровня и диаметра скважин позволят осуществить постоянный контроль за изменением напряженно-деформированного состояния массива горных пород в зоне создания и эксплуатации водохранилищ.

Разработка месторождения нефти и газа также приводит к изменению общего напряжения в кровле разрабатываемого горизонта. Уменьшение порового давления (ΔP_n) сопровождается увеличением на такую же величину эффективного напряжения ($\Delta \sigma_e$) или давления на скелет породы: $\Delta P_n = - \Delta \sigma_e$. Приращение эффективного напряжения численно равно величине сработки первоначального гидростатического давления.

Общее эффективное напряжение ($\Sigma \sigma_e$) в разрабатываемом продуктивном горизонте будет складываться из первоначального напряжения (σ_e) и приращения его на данный момент времени ($\Delta \sigma_e$) за счёт сработки порового давления и может быть выражен известным очевидным равенством $\Sigma \sigma_e = \sigma_e + \Delta \sigma_e$.

Эффективное напряжение в кровле эксплуатационного горизонта в условиях постоянной внешней нагрузки будет непрерывно расти (что будет фиксироваться изменениями диаметров скважин сети наблюдений) за счёт уменьшения порового давления.

Всекие изменения внешних (экзогенных) и внутренних (эндогенных) сил компенсируются в пределах любого флюидосодержащего массива горных пород изменениями эффективного напряжения и пластового давления. Изменения эффективного напряжения, которые в явной форме не проявляются, измеряют-

ся непосредственно в скважине (измерением диаметра скважин фотоупругими датчиками).

Изменения пластового давления контролируются систематическими наблюдениями за динамикой пьезометрического уровня в специальных гидрогеологических скважинах. Замкнутые линии равных аномальных значений пьезометрического уровня образуют кольцевые геометрические структуры, в центральных частях которых наблюдаются наибольшие аномальные значения пьезометрических уровней, соответствующие наибольшей степени напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

Таким образом, аномальный гидродинамический режим, возникающий в результате нарушения баланса внешних (уровень водохранилища, разработка месторождения нефти и газа) и внутренних сил (пластовое давление под влиянием эндогенных и техногенных сил), является чутким индикатором изменения напряженно-деформированного состояния всего массива горных пород и контролирует его границы. Изменения диаметров скважин, фиксируемые фотоупругими датчиками уточняют конкретный напряженно-деформируемый участок (источник напряжений) в пределах контролируемого массива горных пород.

Систематические наблюдения за динамикой изменения пьезометрического уровня и диаметра скважин позволят осуществить постоянный контроль за изменением напряженно-деформированного состояния массива горных пород в зонах создания и эксплуатации водохранилищ, на территориях разработок месторождений и строительства ответственных инженерных сооружений.

С началом формирования напряженно-деформированного состояния геологической среды, хаотичная структура ГГД-поля переходит в аномальное состояние определенной формы, в соответствии с геометрической формой и размерами геологической структуры. Замкнутые линии равных аномальных значений пьезометрических уровней образуют кольцевые геометрические структуры, в центральных частях которых наблюдаются наибольшие аномальные их значения, соответствующие наибольшей степени напряженно-деформированного состояния массива горных пород [8].

В пределах аномального (возмущенного) ГГД-поля проводят измерения диаметров скважин, фиксируемые фотоупругими датчиками, которые уточняют конкретный напряженно-деформируемый участок (источник напряжений) массива горных пород.

В предлагаемом способе скважины, пробуренные для измерения фотоупругими датчиками изменений их диаметров располагают в массиве горных пород в шахматном порядке, а специальные гидрогеологические скважины, пробуренные до изолированной водонапорной системы для регистрации аномального (возмущенного) ГГД-поля, располагают в двух взаимно перпендикулярных профилях с учетом геометрической формы контролируемого массива горных пород (рис.1).

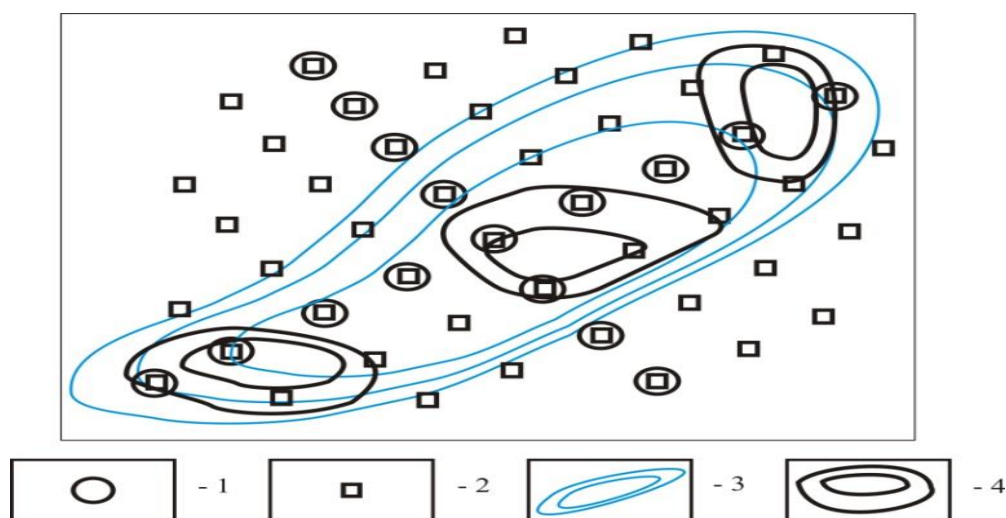


Рисунок 1 – Схема расположения наблюдательных скважин в пределах исследуемого массива горных пород

1 – скважины для наблюдения за изменениями пластового давления;
2 – скважины для наблюдения за изменениями диаметра скважин фотоупругими датчиками.

3 – изолинии равных значений пластового давления;

4 – изолинии равных изменений диаметров скважин.

Расстояние между скважинами выбирается с учетом требуемой точности и геометрической формы и размеров контролируемого массива горных пород. Чем чаще располагают скважины, тем точнее и детальнее будет получаемое в результате аномальное напряженно-деформированное поле (например, для массива горных пород под крупными и ответственными инженерными сооружениями – первые десятки метров).

Вывод. Таким образом, совмещение наблюдений по заранее спланированной сети пьезометров и скважин с фотоупругими датчиками позволит получить более точную оценку напряженно-деформированного состояния исследуемого массива горных пород без пропуска его отдельных участков.

Библиографический список

1. В государственном комитете СССР по делам изобретений и открытий // Вестн. АН СССР. 1984. № 1. С. 132-142.
2. Вартанян Г.С. Гидрогеодеформационное поле в исследовании механизмов геодинамики // Отечественная геология. 1995. № 4. С. 29-37.
3. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // Докл. АН СССР. 1982. Т. 262. Вып. 2. С. 310-314.
4. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. О глобальном гидрогеодеформационном поле Земли // Советская геология. 1983. № 5. С. 116-125.
5. Грицко Г.И., Власенко Б.В. Экспериментально-аналитический метод определения напряжений в массиве горных пород. Новосибирск: Наука, 1976 г. - 188 С.

6.Официальный бюллетень Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий. Открытия, изобретения. Публикация об открытиях, зарегистрированных «Государственном реестре открытий СССР.- М.: Типография ГОСНИТИ, 1983. № 46. 3 С.

7.Катков Г.А., Хаимова-Малькова Р.И. Способ определения напряжений в массиве горных пород. А.С. № 465477 //Б.И. № 12. 1975.

8.Магомедов Р.А. Способ предсказания силы и места землетрясения. Патент № 2163385 //Б.И № 5. 2001.

References:

1. The USSR State Committee for Inventions and Discoveries. Vestn. USSR Academy of Sciences. 1984. № 1. pp. 132-142.
2. Vartanyan GS Gidrogeodeformatsionnoe field in the study of mechanisms of geodynamics. Patriotic geology. 1995. № 4. pp. 29-37.
3. Vardanyan GS, Kulikov GV Gidrogeodeformatsionnoe field of the Earth. Dokl. USSR Academy of Sciences. 1982. T. 262. Vol. 2, pp. 310-314.
4. Vardanyan GS, Kulikov GV On global gidrogeodeformatsionnom field of the Earth // Soviet Geology. 1983. № 5. pp. 116-125.
5. Gritsko GI Vlasenko BV Experimental and analytical method for the determination of stresses in the rock mass. Nauka, Novosibirsk, 1976 - 188 p.
6. Official Gazette of the USSR State Committee for Inventions and Discoveries. Discoveries and inventions. Publication of the findings, reported "State Register of Discoveries SSSR M .: Printing GOSNITI, 1983. № 46. p. 3
7. GA Katkov, Haimova-Malkova RI A method for determining stresses in the rock mass. AS .B.I Number 465,477. Number 12. 1975.
8. Magomedov RA A method of predicting the strength and earthquake locations. Patent number 2163385. B.I number 5. 2001.