Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LXI, вып. 2, 1971 г.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Г. А. Череменский

Стационарная фильтрация подземных вод влияет на тепловое состояние горных пород и создает аномальное распределение температуры в скважинах.

Амплитуда аномалии температуры на таких геотермограммах, зарегистрированных в скважинах при установившемся стационарном термическом режиме, может быть использована для вычисления скорости фильтрации в водоносном горизонте по формулам [1]

$$v_ф = \frac{8\lambda\Delta t}{\rho c h^2 \Gamma \sin\varphi}, \quad м/сек;$$

$$v_ф = \frac{2{,}9\cdot 10^4\lambda\Delta t}{\rho c h^2 \Gamma \sin\varphi}, \quad м/ч;$$

$$v_ф = \frac{6{,}9\cdot 10^5\lambda\Delta t}{\rho c h^2 \Gamma \sin\varphi}, \quad м/сутки;$$

$$v_ф = \frac{2{,}5\cdot 10^8\lambda\Delta t}{\rho c h^2 \Gamma \sin\varphi}, \quad м/год,$$

где h, λ и φ — соответственно, мощность, коэффициент теплопроводности и угол падения однородного изотропного водоносного пласта; Γ — геотермический градиент района; Δt — амплитуда аномалии температуры против водоносного пласта, вызванная миграцией вод; ρ и c — соответственно, плотность и удельная теплоемкость вод.

Величины λ, c, ρ, h, Γ и Δt в формулах использованы в международной системе единиц СИ.

Точность вычисления скорости фильтрации зависит от геологических и гидрогеологических особенностей района, а также от точности определения значений величин, входящих в формулы скорости фильтрации подземных вод.

Аномалия на геотермограмме, вызванная миграцией пластовых вод, проявляется на общем фоне линейного изменения температуры с глубиной, созданного потоком глубинного тепла. Последнее может быть учтено, если соединить на геотермограмме прямой линией точки, соответствующие кровле и подошве водоносного пласта, и амплитуду аномалии определять относительно этой прямой.

Приведенная номограмма (см. рисунок) облегчает вычисление скорости фильтрации подземных вод и позволяет оценить вияние движения вод на тепловое поле геологического разреза района. Номограмма построена с использованием выражений, приведенных выше, при $\rho = 1000$ *кг/м*^{3}; $c = 4{,}187$ *кдж/кг. град* (1 *ккал/кг·град*).

Определим, используя номограмму, скорость фильтрации подземных вод, мигрирующих в осадочной толще, вскрытой Максимкин-Ярской опорной скважиной. Геологический разрез скважины представлен в основном чередованием песков, песчаников, алевролитов, аргиллитов и глин.

Термические свойства горных пород, слагающих геологический разрез, не определялись. Судя по литературным данным, коэффициент теплопроводности песчано-глинистых пород колеблется от 0,164 *вт/м·град* (0,15 *ккал/м·ч·град*) до 5, 815 *вт/м·град* [2]. При этом нижний предел относится к тонкодисперсным глинам, а верхний к сильно сцементированным песчаникам. Термические свойства мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской низменности в среднем мало изменяются с глубиной и с изменением литологической характеристики пород. Об этом свидетельствует прямолинейность геотермограмм, зарегистрированных в мелком масштабе в скважинах, расположенных вдали от областей питания подземных вод и в районах с затрудненным водообменом [3]. По этим соображениям для мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской низменности коэффициент теплопроводности можно принять в среднем равным 2,3—3,5 *вт/м* $\times$ $\times$ *град* (2—3 *ккал/м·ч·град*).

Основными геотермическими и гидрогеологическими особенностями геологического разреза Максимкин-Ярской скважины являются: общее охлаждение пород осадочной толщи, увеличение геотермического градиента с глубиной, низкая минерализация пластовых вод в меловых отложениях [3, 4].

Понижение температуры пород и минерализации вызвано длительным воздействием пресных, более холодных вод, поступающих из Чулымо-Енисейского обрамления низменности. Длительное воздействие подземных вод на тепловое состояние пород позволяет рассматривать его как стационарное.

На геотермограмме Максимкин-Ярской скважины, полученной при стационарном термическом режиме [5], наблюдается аномалия до глубины 2000 *м* с амплитудой 4° С. Такая протяженность аномалии вызвана совместным охлаждающим влиянием водоносных комплексов, содержащихся в геологическом разрезе.

Если принять для этой песчано-глинистой толщи значение осредненного коэффициента теплопроводности $\lambda = 3{,}5 \frac{вт}{м \cdot град}$ (3 *ккал/м·ч·град*), $c = 4{,}2$ *кдж/кг·град* (1 *ккал/кг·град*), $\rho = 1000$ *кг/м*^{3}; $h = 2000$ *м*; $\Gamma = 2{,}84 \times \times 10^{-2}$ *град/м*; $\varphi = 1°$, то скорость фильтрации, вычисленная по формуле и определенная по номограмме (длинный пунктир), равна 0,36 *м/год* и при $\lambda = 2{,}3$ *вт/м·град* (2 *ккал/м·ч·град*) 0,24 *м/год*.

При этом расчете не учтено наличие в разрезе непроницаемых пластов, взаимное воздействие водоносных горизонтов, изменение теплоемкости и плотности подземных вод от температуры, а также влияние минерализации вод.

Однако порядок полученных осредненных значений скорости различных водоносных комплексов согласуется со значением скорости фильтрации (0,1 *м/год*) в апт-сеноманских отложениях определенным гидрогеологическим методом [6].

Изучение теплового поля земной коры и выявление причин возникновения термических аномалий вызывает необходимость оценки минимальных

значений различных факторов, в том числе скорости фильтрации подземных вод, при которых влиянием их на тепловое состояние горных пород можно пренебречь.

В настоящее время минимальное значение скорости движения подземных вод, искажающих тепловое поле горных пород, различными исследователями определяется неодинаково [7, 8, 9]. Существующее различие вызвано тем, что при вычислениях учитывались лишь отдельные факторы.

Выражения, приведенные выше, и номограмма позволяют оценить влияние движения подземных вод на тепловое состояние земной коры с учетом мощности водоносного горизонта, его теплопроводности и угла падения, скорости фильтрации и физических свойств вод.

Так, на номограмме коротким пунктиром показано определение амплитуды термической аномалии, равной 0,12° С при $\rho = 1000$ *кг/м*^{3}; $h = 100$ *м*; $\Gamma = 0{,}03$ *град/м*; $\lambda = 2{,}32$ *вт/м·град* (2 *ккал/м·ч·град*); $v_ф = 10^{-7}$ *м/сек* (3,16 *м/год*); $c = 4{,}19$ *кдж/кг·град* (1 *ккал/кг·град*); $\varphi = 1°$

Подобная амплитуда аномалии, вызванная миграцией подземных вод, не всегда может быть выявлена на термограмме в связи с непостоянством термических свойств горных пород и вод с глубиной, наличием погрешностей измерений и погрешностей, допущенных в методике исследования скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Череменский Г. А. Об изучении по геотермограммам гидрогеологического разреза Западно-Сибирской низменности. Сов. геол., 1966, № 12.
2. Кобранова В. Н. Физические свойства горных пород. Гостоптехиздат, 1962.
3. Череменский Г. А. Геотермические исследования в Сибири. Тр. ин-та мерзлотоведения АН СССР им. В. А. Обручева. Т. XV, 1959.
4. Шуменкова Ю. М., Шилин А. К. Максимкин-Ярская опорная скважина. Тр. ВНИГРИ, вып. 166, 1961.
5. Череменский Г. А. К определению времени восстановления термического режима, нарушенного бурением. Зап. ЛГИ, т. XLIII, вып. 2, 1962.
6. Мавринцкий Б. Ф. Западно-Сибирский артезианский бассейн. Тр. лаб. гидрогеол. пробл. им. Ф. П. Саваренского, т. XXXIX. Изд-во АН СССР, 1962.
7. Корценштейн В. Н. Гидрогеология газоносной провинции Центрального Предкавказья. Гостоптехиздат, 1960.
8. Огильви Н. А. Геотемпературное поле как один из факторов формирования подземных вод. Тезисы докл. на Первом Всесоюзн. совещ. по геотерм. иссл. в СССР. Изд-во АН СССР, 1956.
9. Огильви Н. А. Вопросы теории геотемпературных полей в приложении к геотермическим методам разведки подземных вод. В сб. «Проблемы геотермии и практического использования тепла Земли». Т. I. Изд-во АН СССР, 1959.

РЕФЕРАТЫ СТАТЕЙ

**Записок Ленинградского ордена Ленина
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им. Г. В. Плеханова, т. LXI, вып. 2, 1971 г.**

УДК 550.30

Определение степени сходства геологических структур. *Клушин И. Г Ривош Л. А.* Стр. 3—20.

Степень сходства близости пяти структурных зон, развитых в пределах Балтийского кристаллического щита, Северо-Американской платформы и г. Сьерра-Невада, определена количественно. Использованные признаки, общим числом 30, объединены в группы общегеологических, геометрических, магматических, металлогенических и геофизических. На основе причинно-следственных и ассоциативных связей различных признаков установлено неодинаковое их значение. Для оценки близости использованы показатели, учитывающие нормированное среднеквадратичное и взвешенное отклонения признаков, и показатель Д. Гуда.

Табл. 1, илл. 3, библиогр. 30.

УДК 550.834

Методика изучения сейсморазведкой сложных структур верхней части консолидированной коры материков. *Литвиненко И. В.* Стр. 21—36.

При изучении крутопадающих волнистых сейсмических границ, характеризующих сложные структуры, образованные кристаллическими и метаморфизованными породами, сейсморазведка встречает дополнительные трудности. При наблюдениях методами отраженных и преломленных волн из одного источника среда освещается неравномерно: в различных ее частях разведке доступны элементы границ с существенно разными углами падения и простирания. Более сложные системы наблюдений позволяют в значительной степени устранить этот недостаток. Приведенные формулы и графики дают возможность оценить избирательное освещение разрезов при различных системах наблюдений методом отраженных волн и выбрать оптимальные для изучения сложных структур.

Илл. 7, библиогр. 6.

УДК 550.837

Теория и практика амплитудно-фазовых измерений и обработка результатов при дипольном индуктивном профилировании. *Захаров В. Х.* Стр. 37—48.

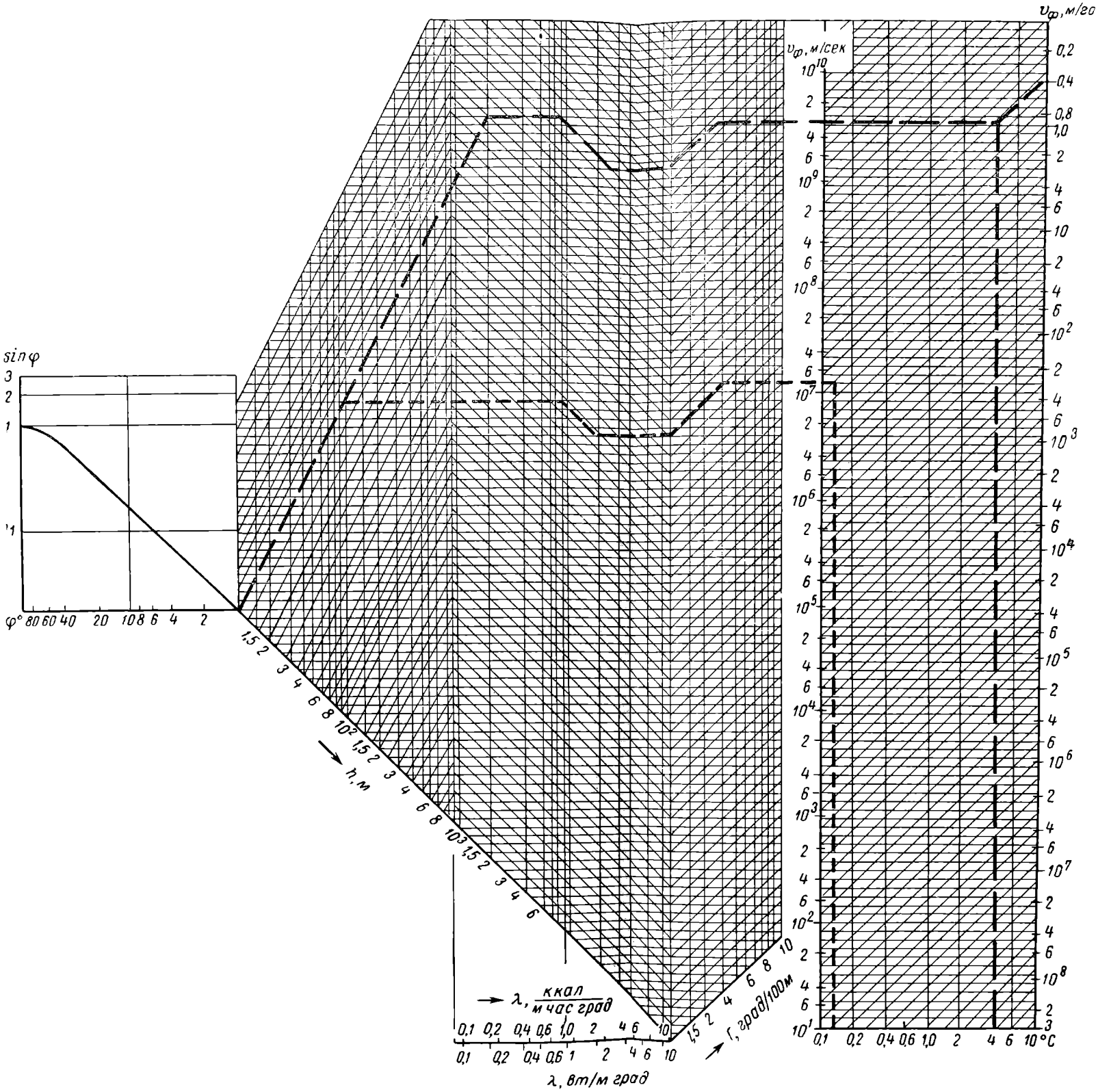
Характеристики поля, несущие в себе информацию о возмущающем объекте, проанализированы на основе теоретических положений о поле гармонического магнитного диполя в присутствии проводящих рудных тел. Техническое средство (аппаратура) должно содержать необходимое и достаточное число функциональных узлов, обеспечивающее устойчивое и надежное измерение. Приведенные способы позволяют устанавливать возможные влияния функциональных узлов аппаратуры, которые могут привести к ложному изменению изучаемых характеристик поля, учитывать их и исключать при обработке результатов. Приведенные методы дают возможность оценивать точность измерений и устанавливать целесообразное значение ее, исходя из геолого-геофизических условий.

Табл. 2, илл. 5, библиогр. 3.

УДК 550.382.3

Некоторые особенности геологического истолкования гравитационных и магнитных полей докембрийских образований. *Захаров В. П.* Стр. 49—54.

На основании анализа гравиметрических и аэромагнитных данных показано, что характер гравитационного и магнитного полей над гнейсо-мигматитовыми купо-



Номограмма для определения скорости фильтрации подземных вод термическим методом

Заказ №