

О. В. ВЕСЕЛОВ, Н. А. ВОЛКОВА, Г. Д. ЕРЕМИН,  
Н. А. КОЗЛОВ, В. В. СОИНОВ

## ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА В ЗОНЕ ПЕРЕХОДА ОТ АЗИАТСКОГО МАТЕРИКА К ТИХОМУ ОКЕАНУ

(Представлено академиком А. В. Пейве 16 VIII 1972)

Зона перехода от Азиатского материка к Тихому океану характеризуется сложной тектонической деятельностью. Интерес к изучению распределения теплового потока в зоне перехода объясняется тем, что из всех известных видов энергии внутриземной тепловой поток является важнейшим параметром, отражающим в расходе тепловой энергии через поверхность Земли интенсивность физико-химических процессов в земной коре и верхней мантии. Геотермическими исследованиями в зоне перехода от Азиатского материка к Тихому океану занимались и занимаются научно-исследовательские организации СССР, Японии, США. Начало исследованиям на суше было положено японскими учеными в 1957 г. Первые морские геотермические исследования были проведены японскими же учеными в 1961 г. В настоящее время количество измерений теплового потока в рассматриваемой зоне превышает 400.

В Сахалинском комплексном научно-исследовательском институте Дальневосточного научного центра АН СССР (СахКНИИ) геотермические исследования были начаты в 1966 г. Изучен тепловой поток на юге Сахалина, в Приморском и Хабаровском краях, Амурской обл., на о. Кунашир, в районах южных Курильских островов, о-вов Сикоку и Кюсю, вдоль северо-западного побережья Японской островной дуги (рис. 1).

Определение теплового потока на суше выполнялось, как правило, в довольно глубоких и выстоявшихся скважинах. Из-за высоких методических требований к состоянию скважин их количество невелико и местоположение случайно.

Методика определения теплового потока аналогична примененной рядом авторов, в частности (6). Геотермической группой СахКНИИ в дополнение к принятой методике точечных замеров температуры по стволу скважины осуществлялась запись температуры на самописец при непрерывном равномерном подъеме термометра. Полученные термограммы позволяют с большой точностью определять места притока воды в скважине и изменения термоградиента, связанные с изменением теплофизических свойств горных пород, слагающих разрез скважины (14). В качестве датчиков температуры применялись термисторы типа ММТ-1. Измерение температуры выполнялось с точностью  $\pm 0,05^\circ\text{C}$ . Измерение коэффициента теплопроводности проводилось методом мгновенного линейного источника (7), при малых размерах образцов — методом двух температурно-временных точек (4, 5). В 1971 г. при обработке материалов по Кунаширу был применен метод Е. Ю. Брайниной (1). Точность определения теплового потока на суше  $\pm 10\%$ .

На Южном Сахалине измерения теплового потока выполнены в пяти пунктах (12 скважин). Полученные значения изменяются от 0,86 до 1,26 мккал/см<sup>2</sup>·сек. Намечается соответствие между распределением теплового потока и интенсивностью неогенового вулканизма, нарастающей на запад и восток от осевой зоны (12). В Приморье измерения выполнены на 8 площадях (12 скважин). Результаты от 1,00 до 1,20 мккал/см<sup>2</sup>·сек.

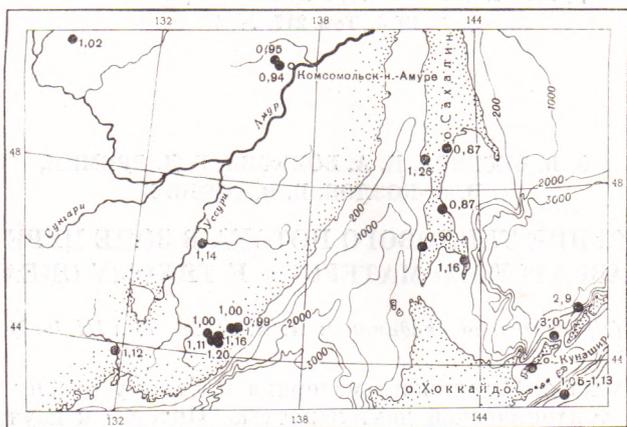


Рис. 1. Обзорная карта геотермических исследований (результаты выражены в единицах теплового потока,  $10^{-6}$  мккал/см<sup>2</sup>·сек)

В среднем тепловой поток в Приморье близок к среднему ( $1,18 \text{ мккал/см}^2 \cdot \text{сек} \pm 10\%$ ), но значительно ниже теплового потока в Японском и Охотском морях (<sup>13, 16, 17</sup>). В Хабаровском крае обследованы две площади оловорудных месторождений (4 скважины). Величины теплового потока совпадают и равны  $0,95 \text{ мккал/см}^2 \cdot \text{сек}$  (<sup>3</sup>). В Амурской области тепловой поток определен в одном пункте и равен  $1,02 \text{ мккал/см}^2 \cdot \text{сек}$  (<sup>3</sup>). Этот результат согласуется с величиной, полученной для исследованного региона в Институте физики Земли АН СССР (ИФЗ) (<sup>6</sup>).

В 1970 г. были выполнены геотермические наблюдения в двух геотермальных скважинах месторождения термальных вод и пара Горячий Пляж, расположенного в средней части о. Кунашир, на берегу Тихого океана, у подножья вулкана Менделеева (Веселов и др.). Геотермический градиент определялся по призабойным температурам, измеренным в процессе бурения на промежуточных забоях 413 и 584 м. Так как эти значения характеризуют естественные температуры горных пород на указанных глубинах (<sup>14</sup>), то в дальнейшем использовался вычисленный по ним геотермический градиент, равный  $5,5^\circ$  на 100 м. Коэффициент теплопроводности характеризовался 23 образцами и получился равным  $5,30 \text{ мккал/см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$ . На основании этого для теплового потока получено значение  $2,91 \text{ мккал/см}^2 \cdot \text{сек}$ . Оно представляет собой сумму глубинного теплового потока и потока тепла, создаваемого за счет прогрева термальными водами вскрытых скважинами толщ.

В скв. № 1-пр Борисовской площади (Приморье) были выполнены режимные наблюдения, имевшие целью установление времени выстойки скважины, необходимого для измерения геотермического градиента с точностью  $\pm 10\%$ . Для скважины глубиной порядка 3000 м оно равно 1–1,5 мес. после окончания бурения (<sup>2</sup>).

Морские геотермические исследования были начаты в СахКНИИ в 1968 г. Измерения геотермического градиента осуществлялись при помощи термоградиентографа ПТГ-1 конструкции ИФЗ. Определения коэффициента теплопроводности донных осадков проводились по методу Ратклиффа (<sup>15</sup>). В районе Южных Курил в результате совместных работ СахКНИИ и ИФЗ получены значения теплового потока в трех пунктах. Западнее о. Итуруп величины теплового потока составляют  $2,9$  и  $3,0 \text{ ккал/см}^2 \cdot \text{сек}$  и хорошо совпадают с величинами теплового потока, полученными в этом районе японскими исследователями (<sup>17</sup>). Вблизи о. Шикотан с тихоокеанской стороны значение теплового потока по двум станциям  $1,1 \text{ мккал/см}^2 \cdot \text{сек}$  (<sup>9</sup>).

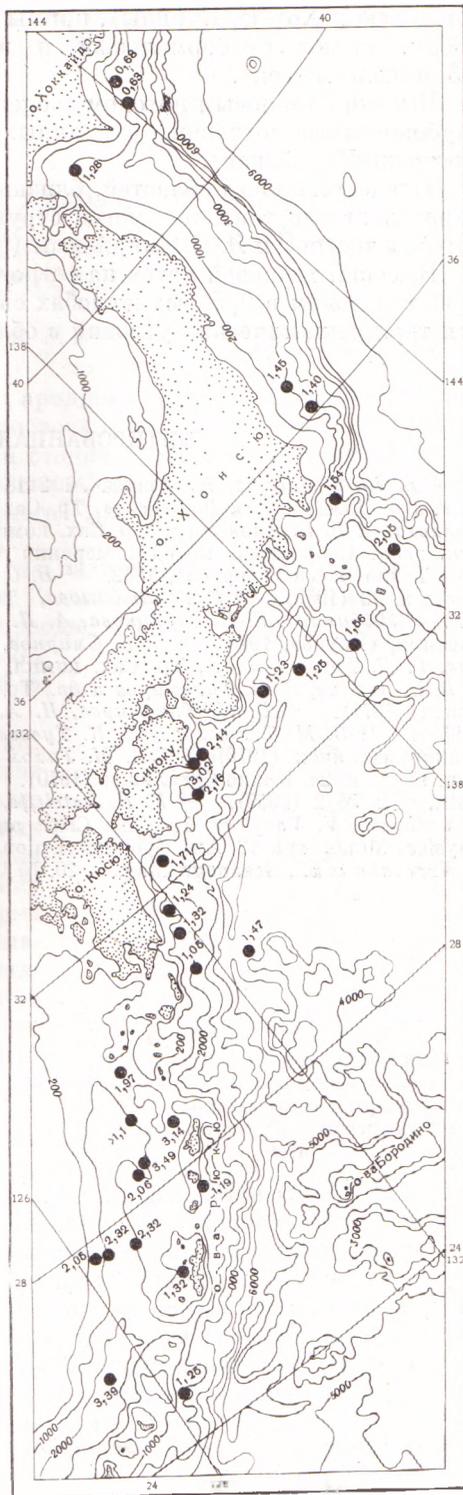
За период проведения комплексных морских геофизических экспедиций в 1969—1971 гг. были выполнены определения величины теплового потока в районах островной дуги Рюкю, на акватории Тихого океана, прилегающей к северо-восточному побережью Японской островной дуги, в районе о-вов Сикоку и Кюсю (<sup>(10)</sup>, Веселов и др. 1972 г.).

В районе островной дуги Рюкю получены величины теплового потока на 20 станциях. Их распределение характеризуется высокими значениями, более 2,0 мккал/см<sup>2</sup>·сек, на континентальной стороне островной дуги и относительно низким, 1,2 мккал/см<sup>2</sup>·сек, на океанической стороне. Исключение составляет значение 1,32 мккал/см<sup>2</sup>·сек вблизи западного побережья о. Окинава (впадина Окинава).

В северной части впадины Сикоку (вблизи о. Сикоку) получены высокие значения теплового потока — более 2,1 мккал/см<sup>2</sup>·сек. Высокий тепловой поток был получен также в северной части геантиклинальной зоны Нампо — Идзусисито. Он изменяется от 2,05 мккал/см<sup>2</sup>·сек в центре зоны до 1,49 на периферии. Тепловой поток, близкий к среднеземному, отмечен на западном борту желоба Кюсю и в Вулканическом заливе (Утиура), прилегающем к юго-западной части о. Хоккайдо, входящей в зону современного вулканизма Японской островной дуги. Западный борт Курило-Камчатского желоба в районе Хоккайдо имеет низкий тепловой поток (0,63—0,69 мккал/см<sup>2</sup>·сек).

Полученные величины теплового потока в сочетании с уже имевшимися данными позволяют сделать краткие обобщения.

Области Сихотэ-Алиньской завершенной складчатости (Нижне-Амурский, Тетюхинский синклинии, Ханкайский массив), складчатые области Хоккайдо-Сахалинской геосинклинали системы (Восточно- и Западно-Сахалинские синклинии), океанические склоны островных дуг (Рюкю, юго-вос-



ток Кюсю и Хонсю, Курилы), примыкающие к краевым океаническим желобам, имеют субнормальный и нормальный тепловой поток (1,0—1,3 мккал/см<sup>2</sup>·сек).

Высоким тепловым потоком (более 2,0 мккал/см<sup>2</sup>·сек) характеризуются глубоководные котловины окраинных морей (Южно-Охотская, Японская, Восточно-Китайская).

Тождественность областей, близких по значениям тепловых потоков с определенными тектоническими структурами, отмечалась ранее рядом авторов, в частности Я. Б. Смирновым (8).

Высокий тепловой поток на островных дугах в сочетании с низким тепловым потоком в краевых желобах свидетельствует о резкой неоднородности термодинамических условий в области сочленения структур.

Поступило  
15 VIII 1972

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Е. Ю. Брайнина, Авт. свид. № 211835, Изобр., пром. образцы, товарн. знаки, № 8, 105 (1968). <sup>2</sup> О. В. Веселов, Тр. Сах. компл. н.-и. инст., в. 24 (1970). <sup>3</sup> Н. А. Волкова, О. В. Веселов и др., Тр. Сах. компл. н.-и. инст., в. 24 (1970). <sup>4</sup> В. С. Волькенштейн, Скоростной метод измерения теплофизических характеристик материалов. Тепло- и массоперенос, 1962. <sup>5</sup> В. С. Волькенштейн, Тр. Ленингр. технологич. инст., в. 32 (1955). <sup>6</sup> Е. А. Любимова, Термика Земли и Луны, «Наука», 1968. <sup>7</sup> Е. А. Любимова, Г. Н. Старикова, А. П. Шушпанов, Сборн. Геотермические исследования, «Наука», 1964. <sup>8</sup> Я. Б. Смирнов, Геотектоника, № 6 (1968). <sup>9</sup> В. В. Соинов, Г. Д. Еремин и др., Тр. Сах. компл. н.-и. инст., в. 28, Южно-Сахалинск, 1971. <sup>10</sup> В. В. Соинов, В. М. Тихомиров и др., Тр. Сах. компл. н.-и. инст., в. 28, Южно-Сахалинск (1971). <sup>11</sup> В. М. Тихомиров, Н. А. Волкова, Разведка и охрана недр, № 7 (1969). <sup>12</sup> В. М. Тихомиров, И. К. Туезов и др., Тр. Сах. компл. н.-и. инст., в. 24, Южно-Сахалинск (1970). <sup>13</sup> В. М. Тихомиров, И. К. Туезов и др., Тр. Сах. компл. н.-и. инст., в. 24, Южно-Сахалинск (1970). <sup>14</sup> L. R. Cooper, C. Jones, Geophys. J. Roy. Astr., v. 2, № 2 (1959). <sup>15</sup> E. H. Ratcliffe, J. Geophys. Res., v. 65, № 5 (1960). <sup>16</sup> S. Uyeda, V. Vacquier, In: The Crust and Upper Mantle of the Pacific Area. Geophysical Monograph 12, Am. Geophys. Union, Washington, D. C., 1968. <sup>17</sup> M. K. Yasui, T. Nagasaka et al., Oceanogr. Mag., v. 20, № 1 (1968).