

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОЦИФРОВКИ ДИАГРАММ ГАММА-КАРОТАЖА СКВАЖИН,
ПРОБУРЕННЫХ НА ДАЧНОМ УЧАСТКЕ МУТНОВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КАМЧАТКА)

Павлова В.Ю.

Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга

Научный руководитель: к.г.-м.н. Делемень И.Ф.

Понимание геологии недр геотермального резервуара может быть улучшено через использование набора стандартных методов каротажа, включающих каротаж электрического сопротивления и естественной гамма-активности. Работа посвящена описанию компьютерной оцифровки диаграмм гамма-каротажа скважин, пробуренных на Дачном участке Мутновского геотермального месторождения (Камчатка) с 1978 по 1994 гг.

Мутновское месторождение парогидротерм – одно из наиболее изученных на Камчатке геотермальных месторождений [3]. Однако из пробуренных здесь 92 скважин (за период с 1978 по 1994 гг.), не во всех из них производился отбор шлама, а керн и вовсе отбирался секционнно лишь в единичных скважинах. По этим причинам интерпретация данных геофизических исследований в них является важнейшим источником информации о строении гидротермального резервуара месторождения. Как известно, понимание геологии недр геотермального резервуара может быть улучшено через использование набора стандартных методов каротажа, включающих каротаж электрического сопротивления и естественной гамма-активности. К сожалению, большей частью диаграммы каротажа были записаны на бумажных носителях, без представления их в векторном виде на электронных носителях. Такая оцифровка каротажных диаграмм была выполнена ранее на Мутновском месторождения И.Ф. Делеменем и А.В. Кирюхиным для скважин Верхне-Мутновского участка^{1,2}. Для Дачного участка такая работа не выполнялась.

¹ Делемень И.Ф., Кирюхин А.В. Отчет по программе японско-российского научного сотрудничества “Исследования геотермальных и минеральных ресурсов, связанных с действующими гидротермальными системами” 1996/1997 г.г. по теме: Разработка методики автоматизированного считывания с бумажных носителей и оцифровки каротажных диаграмм геотермальных скважин (на примере скважин № 030, 048, 049, 054 и 055 Верхне-Мутновского участка Мутновского месторождения парогидротерм, Камчатка. П.– К.: РАН ДВО Институт вулканологии, 1996.

² Делемень И.Ф., Кирюхин А.В., Слоцов И.Б. Инициативный отчет по теме: Разработка количественных методов структурно-геологической и геотермической интерпретации данных геофизических исследований в скважинах для создания трехмерных моделей геотермальных резервуаров. Часть 1. Компьютерная оцифровка и предварительный качественный анализ каротажных диаграмм ГК и КС (гамма-радиоактивности и электрического сопротивления пород) на примере Верхне-Мутновского участка Мутновского геотермального месторождения, Камчатка. – П-К: РАН ДВО Институт вулканологии, 1997.

Список скважин, предназначенных для обработки.				
Вид каротажа	Скважина, глубина каротажа, глубина скважины	Дата проведения каротажа	Бурение скважины	Назначение или статус скважины (первоначальное - по состоянию на 2000 г.)
Гамма - каротаж	№1, глубина каротажа от 0 до 1426 м, глубина скважины 1523 м		Начато 01.09.79 г., окончено 9.09.80 г.	Поисковая - Теплоснабжение
	№2, глубина каротажа от 0 до 600 м, глубина скважины 1505 м		Начато 4.12.79 г., окончено 7.05.81 г.	Поисковая - Под ликвидацию
	№4, глубина каротажа от 0 до 1202 м, глубина скважины 1500 м		Начато 9.09.80 г., окончено 21.08.81 г.	Поисковая - Ликвидирована
	№5, глубина каротажа от 0 до 907 м, глубина скважины 1800 м		Начато 23.10.80 г., окончено 24.01.82 г.	
	№6, глубина каротажа от 0 до 1091 м, глубина скважины 1460 м		Начато 6.07.81 г., окончено 6.12.81 г.	
	№7, глубина каротажа от 0 до 1397 м, глубина скважины 1511 м	26.09.81 г.	Начато 5.07.81 г., окончено 22.08.82 г.	Поисковая - Ликвидирована
	№10, глубина каротажа от 0 до 636 м, глубина скважины 1473 м		Начато 10.09.81 г., окончено 21.07.82 г.	Разведочная - Ликвидирована
	№17, глубина каротажа от 0 до 725 м, глубина скважины 1537 м		Начато 24.10.82 г., окончено 18.08.83 г.	Разведочная - Под ликвидацию
	№22, глубина каротажа от 0 до 674 м, глубина скважины 1369 м		Начато 27.10.82 г., окончено 10.10.83 г.	Разведочная - Ликвидирована
	№01, глубина каротажа от 0 до 1174 м, глубина скважины 1195 м		Начато 21.05.85 г., окончено 01.10.85 г.	Разведочная - Продуктивная
	№04, глубина каротажа от 0 до 1990 м, глубина скважины 2100 м		Начато 02.05.86 г., окончено 22.07.87 г.	Разведочная - Неопределенное
	№010, глубина каротажа от 0 до 1190 м, глубина скважины 1452 м		Начато 10.10.84 г., окончено 26.04.85 г.	Разведочная - Неопределенное
	№011, глубина каротажа от 0 до 1533 м, глубина скважины 1732 м		Начато 08.01.86 г., окончено 15.10.86 г.	Разведочная - Ликвидирована
	№013, глубина каротажа от 0 до 1938 м, глубина скважины 2070 м		Начато 12.06.85 г., окончено 26.11.85 г.	Разведочная - Продуктивная
	№015, глубина каротажа от 0 до 559 м, глубина скважины 1059 м		Начато 13.11.86 г., окончено 21.04.87 г.	Разведочная - Под ликвидацию
	№031, глубина каротажа от 0 до 1040 м, глубина скважины 1080 м		Начато 15.05.86 г., окончено 02.09.86 г.	
	№032, глубина каротажа от 0 до 1270 м, глубина скважины 1440 м		Начато 15.10.86 г., окончено 22.02.87 г.	

Была выполнена оцифровка и предварительная интерпретация диаграмм гамма-каротажа 17 скважин Дачного участка; характеристика их представлена в таблице. Выбор каротажа естественной γ – активности пород (ГК) обусловлен тем, что в условиях геотермального резервуара интерпретация результатов других видов каротажа (например, электрического) связана с необходимостью учёта нескольких накладывающихся факторов (температура и солёность теплоносителя, наличие сульфидной минерализации, аргиллизация пород, соотношение вода/порода и т.д).

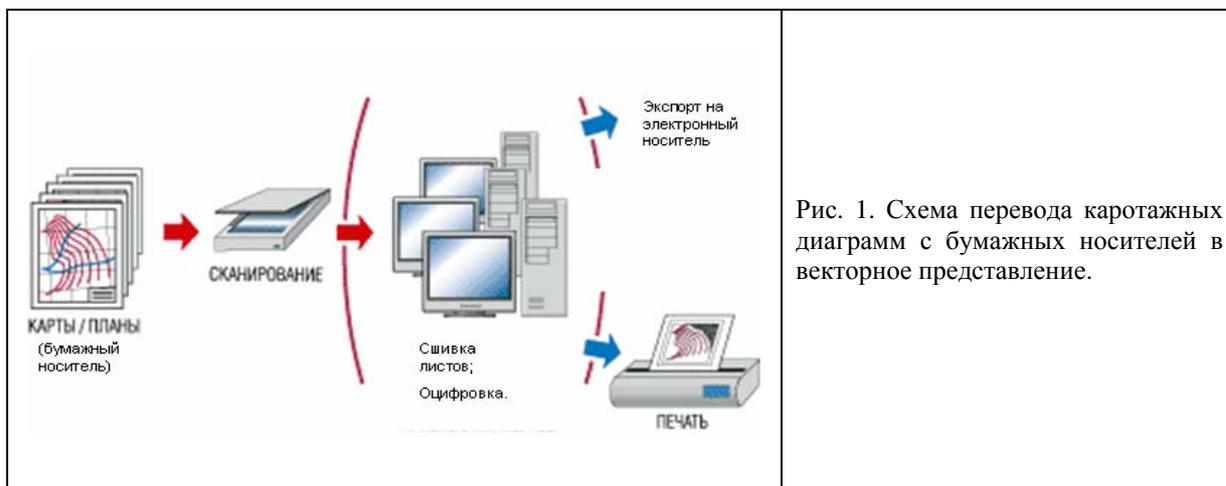


Рис. 1. Схема перевода каротажных диаграмм с бумажных носителей в векторное представление.

Этапы перевода каротажных диаграмм в векторное представление показано на рис. 1. Рассмотрим каждый этап в отдельности на примере скважины № 2. Диаграмма гамма-каротажа представляет собой кривые изменения γ – активности с глубиной. Её масштаб выбирается в зависимости от предела ее изменения на данном месторождении.

Регистрация диаграмм разных горизонтов ведется в различных масштабах для достаточно четкого отражения физической характеристики всего разреза скважины. Зарегистрированные каротажные диаграммы после внесения поправок и расстановки меток копируются и являются основным документом геофизических исследований скважин [2]. Так как первичные каротажные диаграммы не всегда доступны для исследователей, технология оцифровки изначально была ориентирована на использование вторичных копий – выполненных на синьке диаграмм, помещаемых в геологических колонках скважин, т.к. по сравнению с первичными диаграммами на них существенно возрастает количество и величина ошибок и искажений первичного изображения. Для оцифровки и последующего анализа вались каротажными диаграммами (бумажные носители) по скважинам: № 1, 2, 4 - 7, 10, 17, 22, 01, 04, 010, 011, 013, 015, 031 и 032.

Сканирование заключается в разбиении каротажных диаграмм на изображения формата А4 для минимизации ошибок, заключающиеся в изменении масштаба при смещении бумажных носителей в процессе сканирования. В результате из 17 каротажных диаграмм получено 208 изображений. Сшивка изображений осуществлялась с помощью компьютерной программы CorelDRAW 12 – это графическая программа, предназначенная для преобразования изображения. На данном этапе работа заключалась в склеивании изображений каротажных диаграмм, полученных в результате сканирования. В результате этой операции из 208 сканированных изображений получено 104 склеенных (рис. 2).

В данной работе оцифровка каротажных диаграмм осуществлялась с помощью компьютерной программы GetData Graph Digitizer – это программа, предназначенная для оцифровки графиков, диаграмм и карт. Выбор этой программы обусловлен удобной оцифровкой вручную, не требующей специальных навыков пользователя. Для удобства работы полученные данные (значение гамма – активности и глубины точки) экспортировали в формат XLS. В результате оцифровки из 104 склеенных изображений получено 110 файлов. Используя эти данные, получено векторное представление каротажной диаграммы (рис. 3).

Обращено особое внимание на возможные ошибки оцифровки диаграмм, поэтому реализован алгоритм коррекции ошибок, предусматривающий внесение поправок на сдвиг шкалы радиоактивности и сдвиг шкалы глубин.

Поправка в ГК на сдвиг шкалы радиоактивности (горизонтальная шкала) – это избавление от отрицательных значений γ (мкР/час): $\gamma_{исп} = \gamma_i + |\Delta\gamma|$, где $\gamma_{исп}$ - новое

значение гамма – активности (мкР/час); γ_i - текущее значение гамма – активности (мкР/час), а $|\Delta\gamma|$ - максимальное отрицательное значение гамма – активности (мкР/час).

Поправка в ГК на сдвиг глубин (вертикальная шкала) в их последовательности сверху вниз (последующее значение гамма – активности должно соответствовать увеличению глубины), для этого находим значения глубин, которые не соответствуют последовательности (увеличение глубины сверху вниз), а затем производим пересчет. В новом столбце z вычисляем $y_i = y_{i+1} - y_{i-1}$, где y_i – расстояние между двумя точками y_{i+1} и y_{i-1} ; i – количество точек. После этого вычисляем значения параметра $L_i = \frac{y_i}{i}$, где L_i - расстояние, на котором должны располагаться точки относительно друг друга; i – количество точек, и определяем уточнённое значение глубины $H_i = y_{i-1} + L_i$, где H_i – новая глубина, на которой будет располагаться точка; i – количество точек.

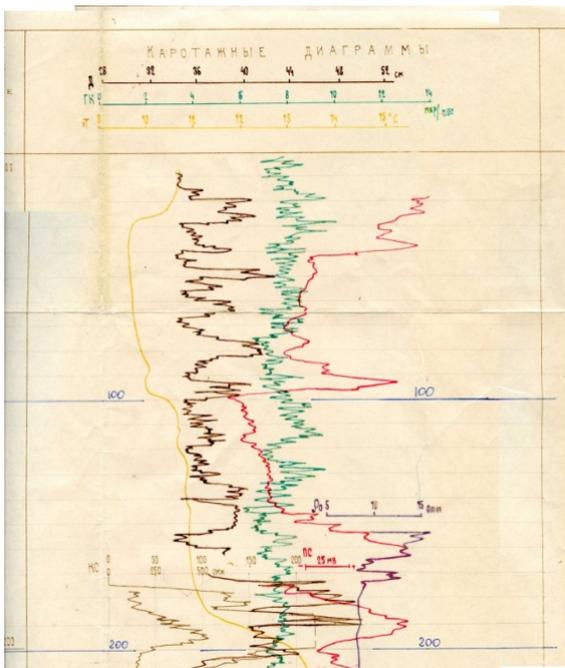


Рис. 2. Склеенное изображение каротажной диаграммы, полученное в результате сканирования

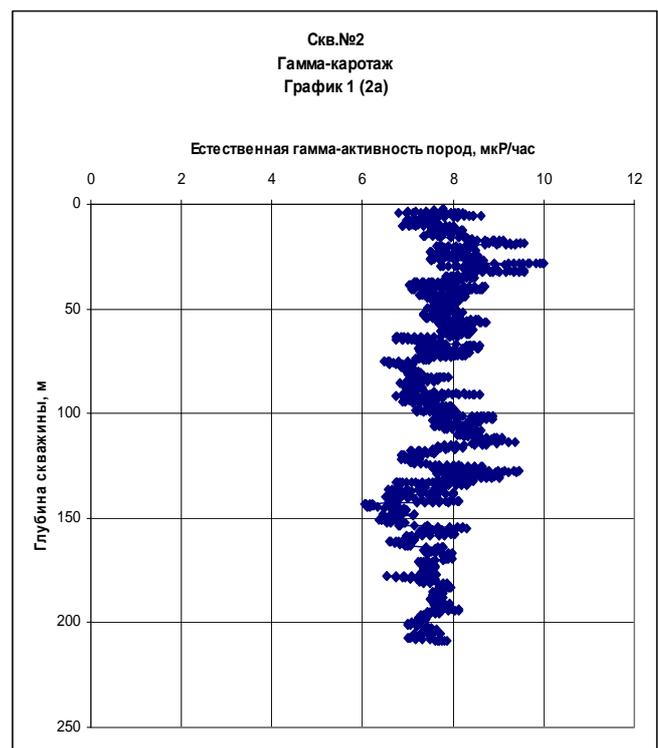


Рис. 3. Оцифрованный график каротажной диаграммы. На рисунке показан график каротажной диаграммы скважины №2, оцифрованный до глубины 208,95 м

С целью оценки распределения гамма – активности для каждого графика каротажной диаграммы проводится расчет статистических моментов (оценка среднеарифметического значения гамма – активности, оценка дисперсии, оценка стандартного отклонения, нормировка данных).

Используя данные по координатам скважин (X (ВД), meters и Y (СШ), meters) Мутновского месторождения парогидротерм построена схема расположения скважин (рис. 4).

На данной схеме произвольно выбраны профили для исследования распределения гамма – активности, учитывая рельеф, на исследованной территории: Профиль I (Скв. № 6, 5, 22, 1, 011, 013, 4, 010, 10); Профиль II (Скв. № 032, 031, 17, 01, 04, 015, 1, 011, 2); Профиль III (Скв. № 5, 7, 031, 032); Профиль IV (Скв. № 7, 17, 04, 015, 01, 10, 010, 4).

Схема расположения скважин Мутновского месторождения парогидротерм (составлена Павловой В.Ю).

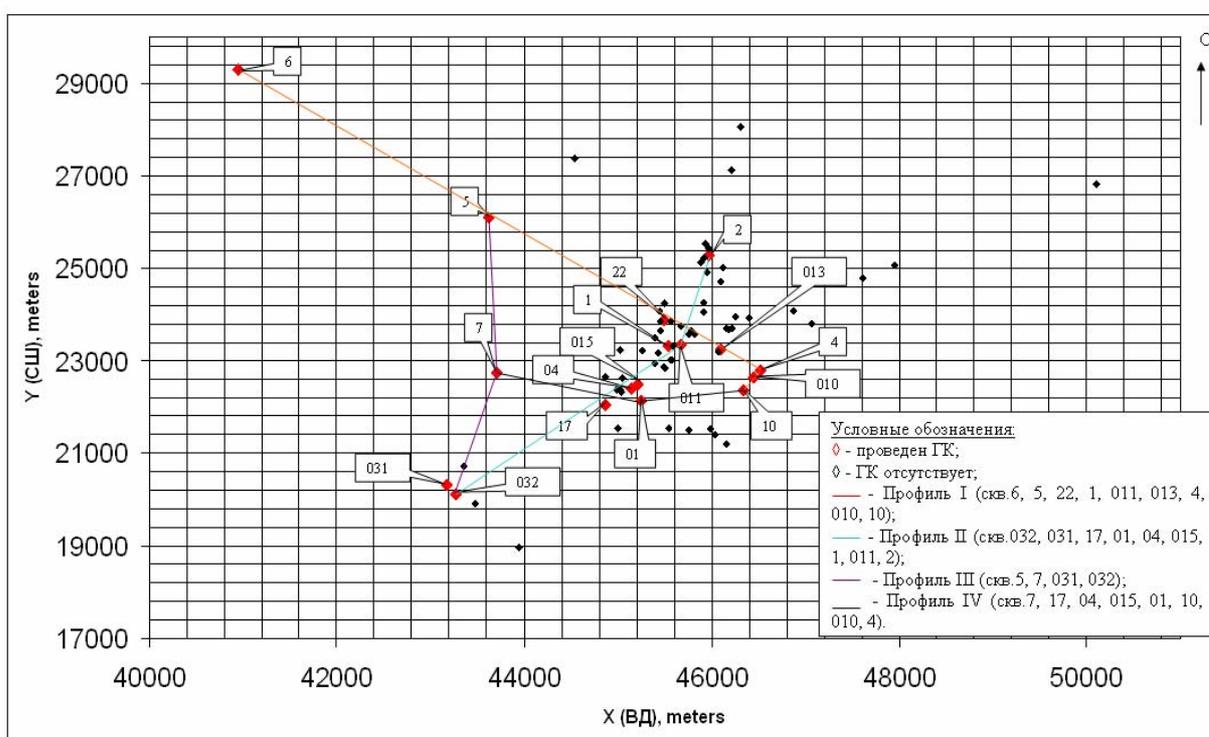


Рис. 4. Схема расположения скважин Мутновского месторождения парогидротерм.

Для построения вертикальных разрезов по профилям, учитывая рельеф (высота устья и глубина забоя скважин), а также расстояние между скважинами вычисляем абсолютную высоту: $H = H_1 - H_2$, где H - абсолютная высота (м); H_1 - высота устья (м); H_2 - глубина забоя (м); расстояние между скважинами: $L_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2}$, где L_{ij} - расстояние между скважинами (м); i и j - номера скважин; X_i и X_j - координаты скважин (ВД), (м); Y_i и Y_j - координаты скважин (СШ), (м), а также накопленное расстояние по профилю (необходимо для построения разреза в Excel): $L = L_i + L_{i+1}$, где

L - накопленное расстояние (м), полученное в результате сложения расстояний L_i и L_{i+1} .

Используя параметры скважин (высота устья (м), абсолютная высота (м), накопленное расстояние (м) построены вертикальные разрезы по выделенным профилям (рис. 5).

Корреляция разреза скважин – первоочередной этап в изучении геологического разреза, только увязав разрез данной скважины с разрезами других скважин можно обеспечить эффективное изучение геологического строения территории. На данном этапе корреляции подвергся профиль III (скв. №5, 7, 031, 032).

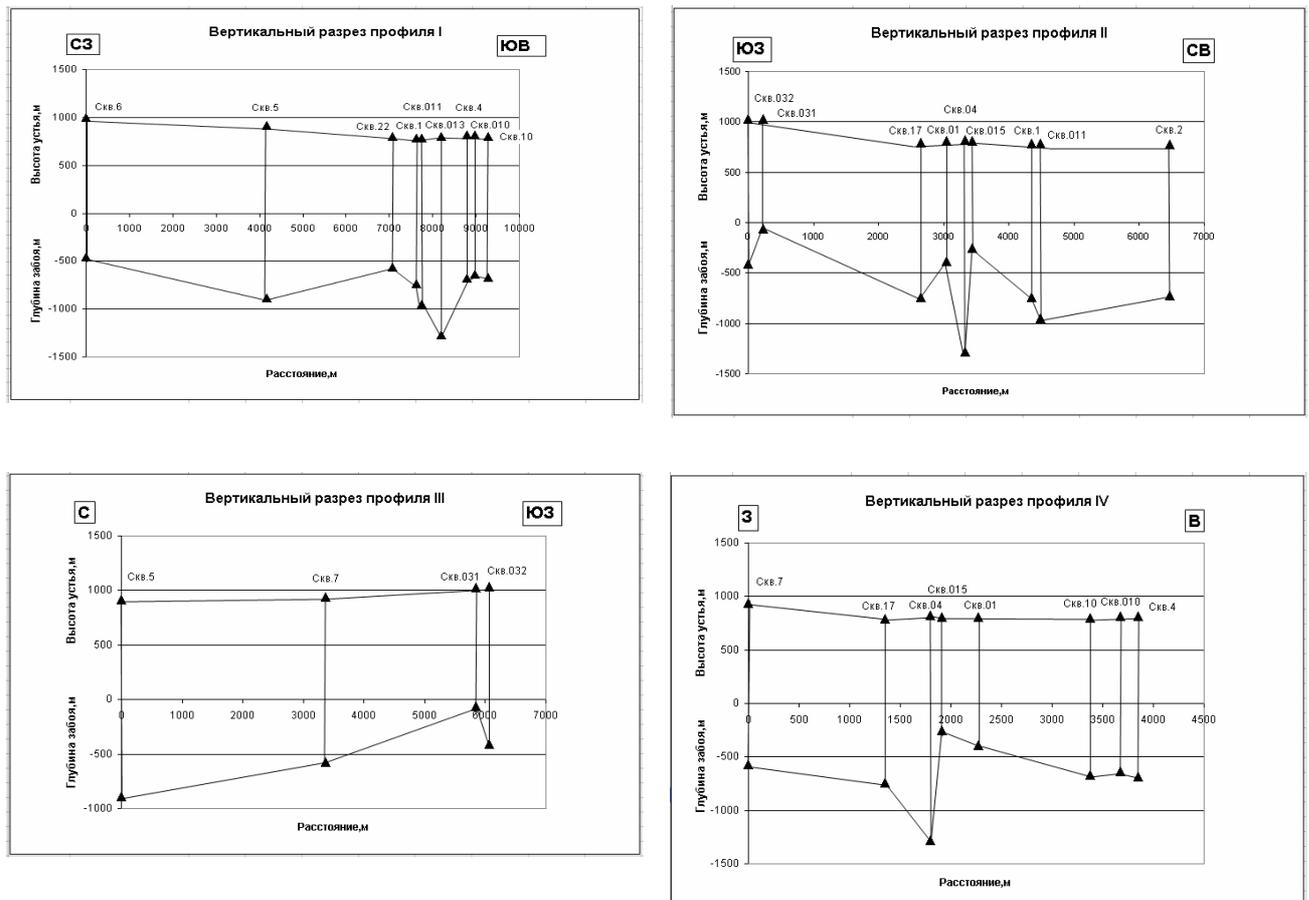


Рис. 5. Вертикальные разрезы по выделенным профилям.

Для этого строим графики диаграмм, используя значения абсолютной высоты (чтобы сопоставить с разрезом по профилю) и нормированные значения для гамма – активности, что необходимо для последующие количественной интерпретации.

Абсолютная высота забоя вычисляется по формуле $H = H_1 - H_i$, где H - абсолютная высота забоя (м); H_1 - высота устья (м); H_i - текущая глубина (м). Совмещаем графики по профилю на одном уровне (по шкале Y – абсолютная высота), затем выде-

ляем четко прослеживающиеся на всех диаграммах максимальные (max), минимальные (min) и grad значения нормированных значений гамма – активности; выносим полученные данные на разрез. Корреляция графиков гамма-активности, полученных для разных скважин, позволяет выполнить трассировку в разрезе маркирующих горизонтов распределения радиоактивности (рис. 6).

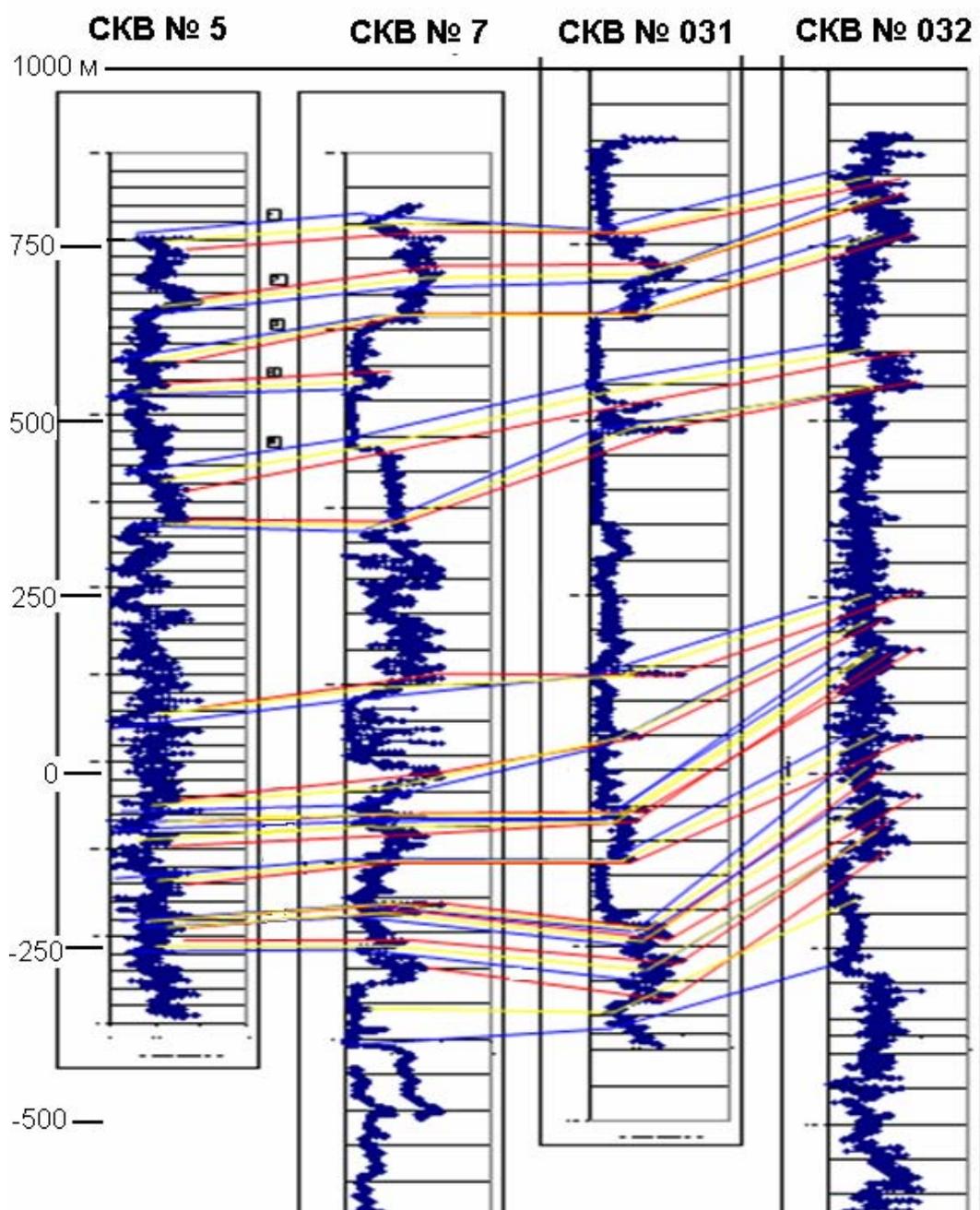


Рис. 6. Корреляция диаграмм гамма-каротажа (профиль III).

В дальнейшем планируется проверка выявленных горизонтов и сопоставление с геологическими разрезами по скважинам, составленным с использованием петрографи-

ческого описания керну и шламу³, с учётом данных по эксплуатационным скважинам, пробуренным в последние годы⁴. Выполнение такой работы стало возможным после появления многочисленных определений петрофизических свойств пород рассматриваемой территории (например, сводки, подготовленной в 1990 г. Я.Б. Шварцем с соавторами⁵). Полученные данные являются основой для дальнейшего уточнения существующей [3] трехмерной структурной модели геотермального месторождения.

Литература

1. Дмитриев В.И. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика. М.: Недра. 1990. 498 с.
2. Геологический словарь (том первый). М.: Недра, 1973. - 486 с.
3. Гусев Д.Н., Делемень И.Ф., Кирюхин А.В. Высокотемпературные гидротермальные резервуары. М.: Недра. 1991. 160 с.

THE COMPUTER NUMBERING OF GAMMA-RADIOACTIVITY LOGGING DIAGRAM IN BOREHOLES, DRILLED ON THE DACHNY PLACE OF THE MUTNOVSKY GEOTHERMAL DEPOSIT (KAMCHATKA)

Pavlova V. Yu.

A common logging method suite involves using electric resistivity and natural gamma logs to obtain a better understanding of geothermal reservoir subsurface geology. The paper gives the description of computer numbering of gamma-radioactivity logging diagram in boreholes, drilled on the Dachny place of the Mutnovsky geothermal deposit (Kamchatka) in 1978 – 1994.

³Сугробов В.М., Набоко С.И., Словцов И.Б., Кожемяка Н.Н. Отчет по теме: Минералогическое петрографическое описание скважин Мутновского месторождения парогидротерм (хоздоговор № 86-13/3). – П-К: АН СССР ДВО Ордена Трудового Красного Знамени Институт вулканологии. 1988. 257 с.

⁴Чернев И.И. Пакет геологической информации по Мутновскому месторождению парогидротерм (пояснительная записка). – П-К: ОАО “Геотерм”, 2003. 111 с.

⁵Шварц Я.Б. и др. Отчет о проведении детальных поисковых геофизических работ на участке “Дачный”, поисковых геофизических работ на западных флангах Мутновского месторождения парогидротерм и работ по обобщению геофизических материалов по Мутновскому геотермальному району в 1987 – 1990 гг. – П-К: ПГО “Камчатгеология”, 1990. Книга 1. Текст отчета. – 268 с.