

ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ МЕЗОКАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОГО АЗЕРБАЙДЖАНА

Ч.С.Алиев

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ 1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

В статье приводятся результаты гамма-спектрометрических исследований различных стратиграфических комплексов Восточного Азербайджана. Изучены закономерности распределения урана, тория и калия на 40 естественных обнажениях. Установлено, что активность пород нижнего олигоцена самая высокая и связана с повышенным содержанием урана. Распределение активности юрских пород связано с активностью тория и калия. Низкой активностью обладают породы мелового возраста.

Введение

Изучение радиоактивного поля Земли методами гамма-спектрометрии вносит существенный вклад в познание структуры земной коры и литосферы, а именно: сведения о содержании урана, тория, калия (Смыслов, 1974) могут оказать существенную помощь при исследовании процессов осадконакопления, последующего эпигенезиса (литогенеза), тектонического строения и т.д.

Гамма-спектрометрические методы имеют хорошо разработанную теоретическую и методическую основу и широко используются при решении различных задач геологической науки (Коган и др., 1976).

Ранее проведенными отдельными исследованиями некоторых стратиграфических интервалов осадочных разрезов Азербайджана (Алиев и др., 1999; Алиев, Золотовицкая, 2000 и др.) было отмечено существование определенной зависимости интегральной и спектральной характеристик пород от их литологического состава, стратиграфического интервала и т.д.

В данной статье представлены результаты специальных исследований радиоактивности пород широкого стратиграфического интервала (юра-плиоцен) осадочного разреза Восточного Азербайджана.

Объект и методика исследования

Гамма-спектрометрические исследования были проведены на 40 естественных обнажениях Восточного Азербайджана.

Непосредственно в полевых условиях в точке естественного залегания отбираемого образца породы проводились замеры интегральной радиоактивности с использованием радиометров типа СРП-68-01, которые обеспечивают измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в пределах 0-3000 мкР/ч. Одновременно производился отбор проб на лабораторные исследования. Объем лабораторных радиометрических исследований составил около 400 образцов.

Лабораторные радиометрические исследования проводились на гамма-спектрометрической установке САРИ-2 (система автоматизации радиометрических измерений), предназначенной для идентификации радионуклидного состава различных проб и количественной оценки содержания радиоактивных элементов (Бк/кг, %). Установка состоит из стандартных блоков: анализатора импульсов АИ-1024, сцинтилляционного датчика NaI (TI) типа 6931-20 (кристалл размером 150x100, ФЭУ-49), блока питания типа БНВ3-05, БПЗ-591. Детектор защищен от радиоактивных излучений внешней среды специальным свинцовым домиком с толщиной стенок 100 мм и с трехслойной обкладкой из Cd-Cu-Al.

В таблице приведена характеристика установки САРИ-2.

Характеристика установки САРИ-2

Элементы	Энергия излучения, Мэв	Порог чувствительности, %	Ошибка измерения, %
Торий (Ra^{228})	2,62	$0,8 \times 10^{-4}$	10
Уран (Ra^{226})	1,76	$0,2 \times 10^{-4}$	10
Калий (K^{40})	1,46	0,01	5

Для идентификации радиоактивных элементов, содержащихся в пробах, используются градуировочные графики. Количественные оценки содержания радиоактивных элементов в случае моноэнергетических спектров определяются путем сравнения с эталонными источниками. При сложных спектрах, когда помимо нескольких моноэнергетических линий от одного изотопа в пробе присутствуют другие изотопы, применяется система уравнений. Выбирают наиболее оптимальные интервалы энергии, в которых регистрируется скорость счета. Скорость счета в том или ином интервале энергии N_i находится в прямой зависимости от количества радиоактивного изотопа q_0 , т.е.

$$N_i = a_i q_i,$$

где a_i – коэффициент, показывающий скорость счета при $q_i = 1$.

При наличии трех изотопов содержание их определяется по формулам:

$$\begin{aligned} N_1 &= a_1 q_{Ra} + b_1 q_{Th} + c_1 q_K \\ N_2 &= a_2 q_{Ra} + b_2 q_{Th} + c_2 q_K \\ N_3 &= a_3 q_{Ra} + b_3 q_{Th} + c_3 q_K. \end{aligned}$$

Решение уравнений с помощью эталонных образцов позволило составить зависимость

$$\begin{aligned} U(Ra) &= (6,91N_2 - 4,84N_3) \times 10 \% \\ Th &= (33,48N_3 - 1,0N_2) \times 10 \% \\ K &= (0,48N_1 - 0,34N_2 - 0,28N_3), \% . \end{aligned}$$

Здесь N_1 , N_2 , N_3 – скорость счета в соответствующих интервалах.

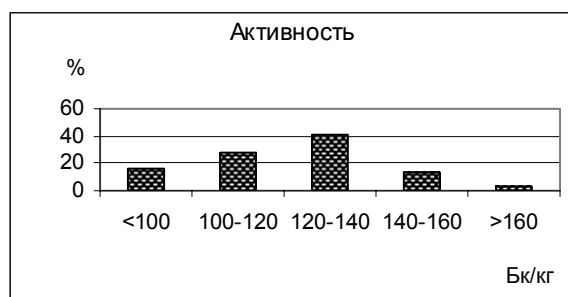
Результаты исследований

Юра. Распределение радиоактивности в юрских отложениях (верхний оксфорд – ти-

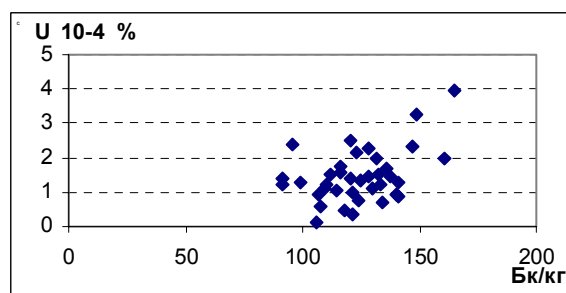
тон) изучалось на образцах, отобранных на азербайджанской части южного склона Главного Кавказского хребта по долине р. Джимичай и около с. Тенгиалты. Разрез представлен в основном аргиллитами и глинистыми сланцами. Активность аргиллитов колеблется в широких пределах от 91 до 165 Бк/кг, в среднем составляет 120 Бк/кг. Активность сланца находится в тех же пределах и в среднем составляет 125 Бк/кг.

Распределение активности подчиняется нормальному закону (рис. 1, а). Все три элемента – уран (по радио), торий, калий также имеют тенденцию к нормальному распределению с некоторыми отклонениями. Так, например, в распределении урана (по радио) наблюдается положительная асимметрия (см. рис. 1, б), а калия – отрицательная (см. рис. 1, г). Содержание урана (по радио) в юрских сланцах разреза Джимичай значительно ниже кларка ($1,5 \times 10^{-4}\%$) осадочных пород и поэтому не сильно влияет на активность (рис. 2, а).

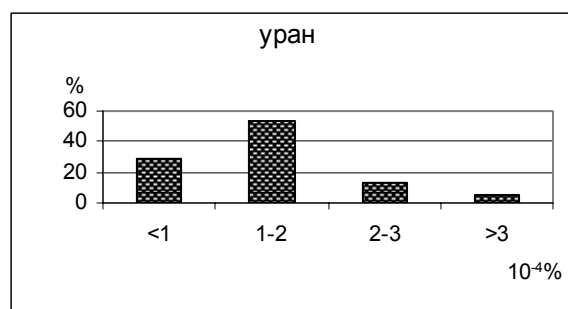
Содержание калия достаточно высокое и соответствует кларку (2,5%). От вклада гамма-излучений калия зависит и активность юрских сланцев (см. рис. 2, в). В содержании тория, несмотря на некоторое рассредоточение точек, имеется тенденция к прямой зависимости между его содержанием и активностью (см. рис. 2, б), тем более что среднее содержание его близко к кларковому ($9-11 \times 10^{-4}\%$). Активность и содержание радиоактивных элементов в глинах из юрского разреза Тенгиалты находится в пределах, характерных для юрских пород разреза Джимичай. Распределение радиоактивных элементов и их активности в разрезах Джимичай и Тенгиалты является характерным для юрских отложений Восточной части Б. Кавказа.



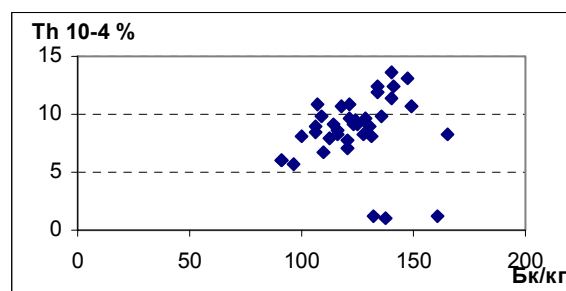
а



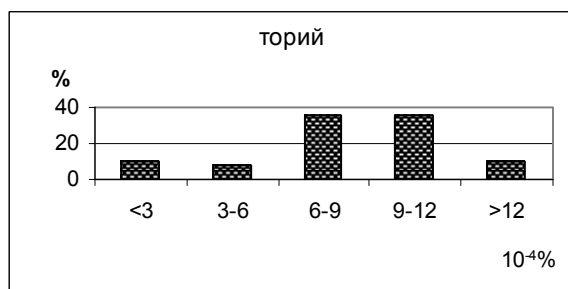
а



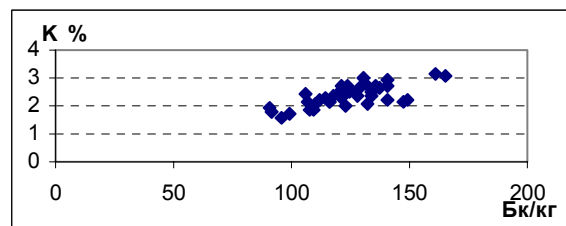
б



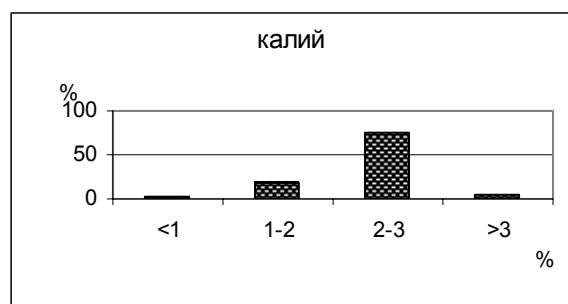
б



в



в



г

Рис. 1. Распределение активности и радиоактивных элементов в юрских отложениях Восточного Кавказа: а – активность; в – торий; б – уран (по радио); г – калий

Рис. 2. Зависимость активности юрских пород от содержания урана (а), тория (б) и калия (в)

Мел. Радиоактивность меловых пород (верхний мел) изучалась на образцах из разрезов Хильмили, Алтыгач, Тенгилты, Гедысу.

Активность меловых пород оказалась очень низкой (около 50 Бк/кг), пределы ее колебаний составляют от <25 до >100 Бк/кг (рис. 3), что вполне естественно для осадочных пород. Особый вклад в интегральное гамма-излучение поступает от калия, содержание которого колеблется от <0.5 до > 2 %, в среднем около 1.5 %.

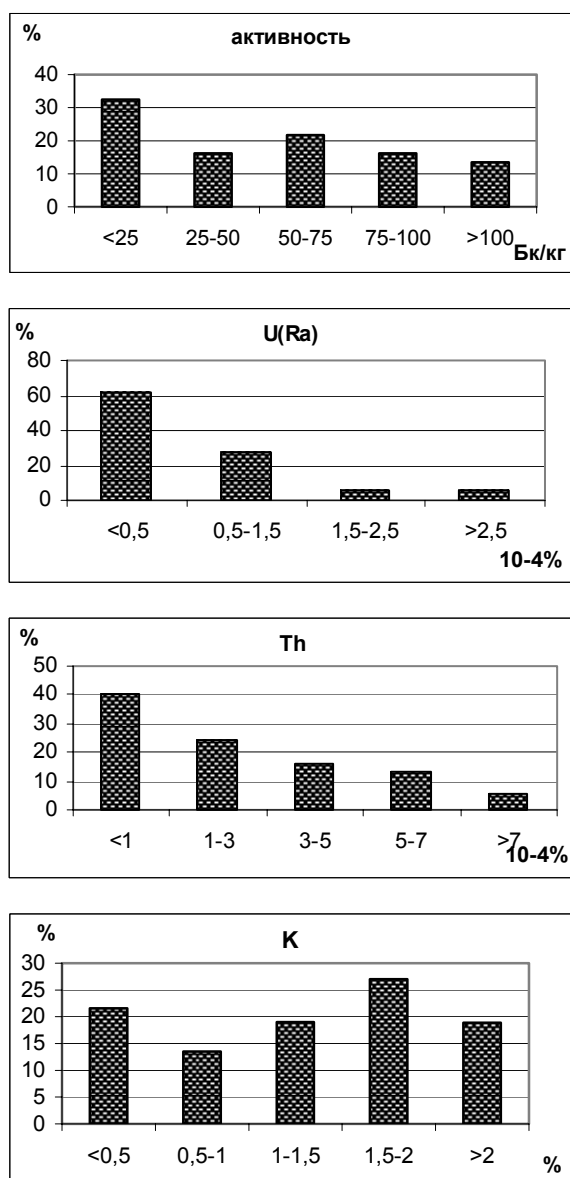


Рис. 3. Распределение активности в меловых отложениях

Содержание урана (по радио) очень мало и колеблется на уровне $0.45 \times 10^{-4} \%$, что соответствует кларку для песчаников и карбонатных пород. Содержание тория тоже низкое, около $1.7 \times 10^{-4} \%$, что характерно для карбонатных пород. В связи с низкой радиоактивностью этих пород закон распределения установить невозможно. У тория и урана (по радио) наблюдается тенденция к log-нормальному распределению. Несмотря на низкую радиоактивность меловых пород, прослеживается зависимость активности от содержания тория и калия (рис. 4).

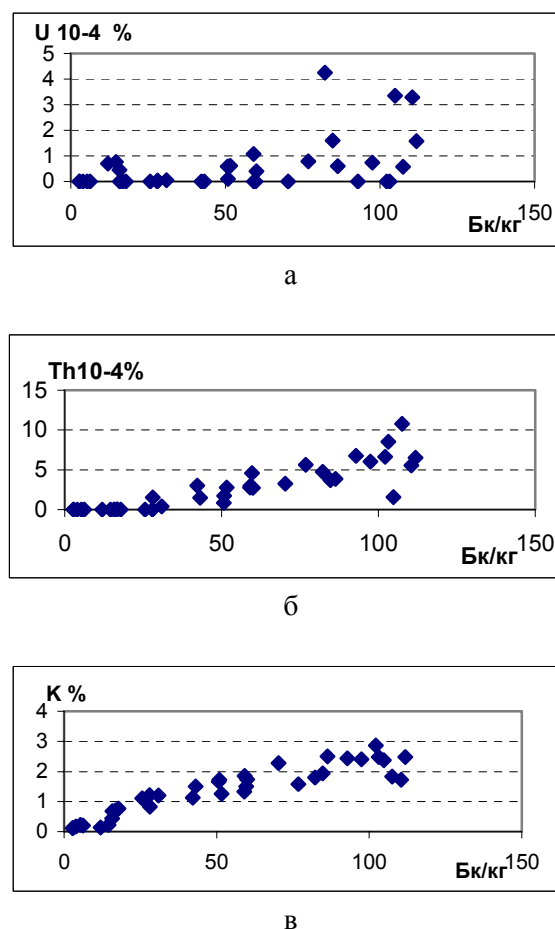


Рис. 4. Зависимость активности меловых пород от содержания урана (а), тория (б) и калия (в)

Меловой осадочный комплекс в литологическом отношении характеризуется преобладанием песчаных фракций, имеющих слабую карбонатность, что способствует их низкой радиоактивности.

Палеоген. Радиоактивность пород палеогена изучалась по разрезам палеогеновых комплексов ЮВ погружения Б. Кавказа в Шамаха-Гобустанском районе (участки: Ангихаран, Сумгайытчай).

Активность отложений эоцена (коуна) (P_2^2), представленных пеплообразными зеленоватыми песчаниками связана с торием, а активность вулканического пепла больше зависит от содержания урана (по радио). Породы эоцена из разреза Сумгайытчай имеют невысокую активность (67-95 Бк/кг) и соответственно низкое содержание радиоактивных элементов.

Нижний олигоцен (P_3^1) из разреза Сумгайтчай представлен аргиллитами и глинами шоколадного цвета с большим количеством ярозита, также имеющими большую активность (105-261 Бк/кг), что связано с ураном (по радио). Эта серия характеризуется относительно высоким содержанием урана ($6-17 \times 10^{-4}\%$), отсутствием тория и почти нормальным содержанием калия (2,2-3,1%).

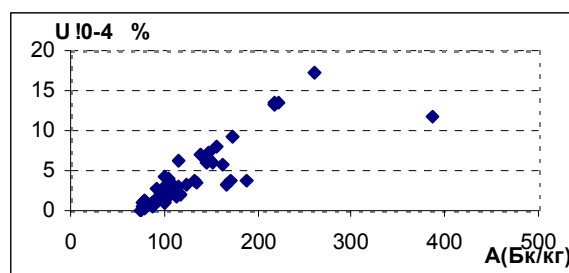
Верхний олигоцен (P_3^2) представлен темно-серыми и светлыми глинами с ярозитом с невысокой радиоактивностью (58-80 Бк/кг), отличающимися от эоцена нормальным содержанием урана (по радио) ($2,4-2,8 \times 10^{-4}\%$) и пониженным содержанием калия (1,4-2,2%), торий чаще всего отсутствует.

На участке Ангихаран нижний майкоп представлен в песчано-глинистой некарбонатной фации с большим количеством рыбьих остатков, ярозита, гидроокислов железа, что играет большую роль при формировании высокой активности (80-223 Бк/кг), которая связана с повышенным содержанием урана (по радио) ($4,0-12,6 \times 10^{-4}\%$) (рис.5).

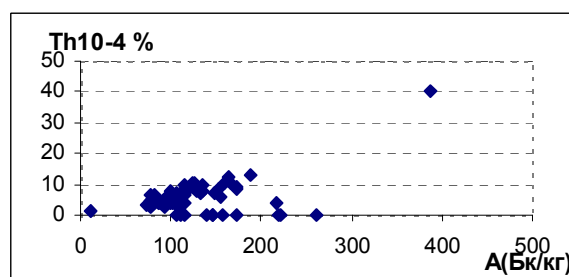
В пределах Большого Кавказа распределение активности подчиняется нормальному закону с небольшой правой асимметрией, которая вызвана высоким содержанием урана.

Распределение тория и калия имеет тенденцию к подчинению нормальному закону. В связи с большим количеством образцов с низким содержанием тория, его распределение не позволяет выявить закон распределения (рис.6).

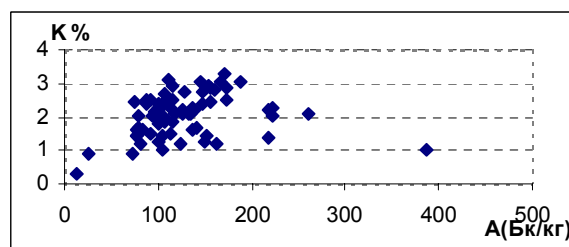
Радиоактивность олигоценовых отложений Талыша (Ярдымлы, Виляж, Дашкенд, Агдаш) колеблется в широких пределах – 40-295 Бк/кг. Средняя активность составляет около 120 Бк/кг, содержание урана – около $2,5 \times 10^{-4}\%$, тория – около $4 \times 10^{-4}\%$, калия – 2,5%, т.е. находится почти в кларковых пределах для глин (рис.7). Распределение активности подчиняется нормальному закону (рис. 8) и зависит в большей степени от калия, но на общую радиоактивность оказывает влияние торий и в некоторых случаях уран. Калиевая природа радиоактивности, возможно, связана с высоким содержанием калия в вулканогенно-осадочном комплексе эоцена Талыша.



а



б



в

Рис. 5. Зависимость активности майкопских отложений Восточного Кавказа от содержания урана (а), тория (б) и калия (в)

Неоген. Радиоактивность пород из неогеновой системы изучалась по разрезам восточной части Большого Кавказа и Талыша. Радиоактивность верхнего и среднего майкопа отложений Талыша колеблется в широких пределах: 40-295 Бк/кг. Их средняя активность составляет около 120 Бк/кг, содержание урана – около $2,5 \times 10^{-4}\%$, тория – около $4 \times 10^{-4}\%$, калия – 2,5%, т.е. находится почти в кларковых пределах для глин. Распределение активности подчиняется нормальному закону и зависит в большей степени от калия.

Радиоактивность пород диатомовой серии (средний и верхний миоцен) была изучена на образцах глин по разрезам Умбаки, Пирекюшкюль, Сумгайтчай, восточной части Б. Кавказа и Агдаша (Талыш).

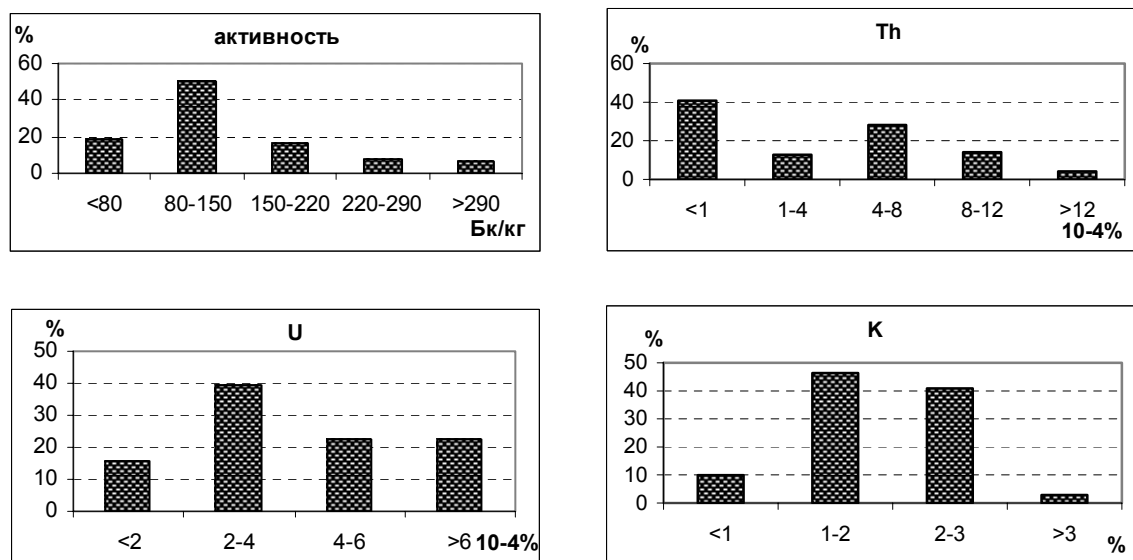


Рис. 6. Распределение активности и радиоактивных элементов в майкопских отложениях Кавказа

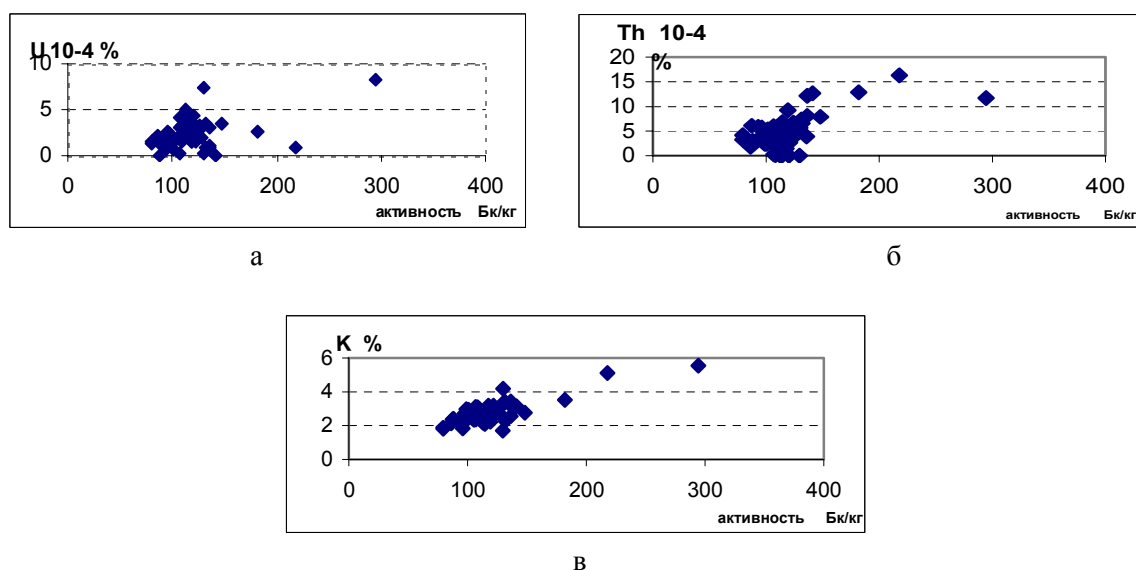


Рис. 7. Зависимость активности майкопских отложений Талыша от содержания урана (а), тория (б) и калия (в)

Активность диатомовых отложений в среднем колеблется в пределах 70 Бк/кг и не зависит конкретно от какого-либо радиоактивного элемента. Судя по распределению активности (рис. 9), она подчиняется нормальному закону, но с длинной правосторонней асимметрией.

Как видно из рисунка 10, на активность диатомовых отложений наибольшее влияние оказывает калий – 2,3%, торий вообще отсутствует, содержание урана составляет $2,5 \times 10^{-4}\%$. В отложениях среднего и верхнего миоцена разреза Талыша прослеживается такая же картина.

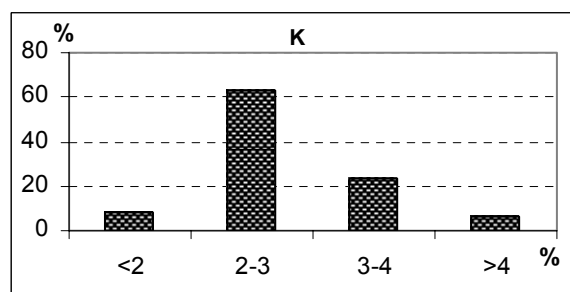
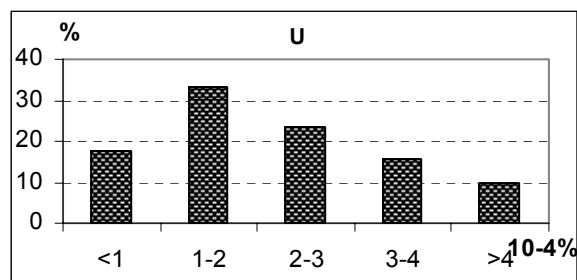
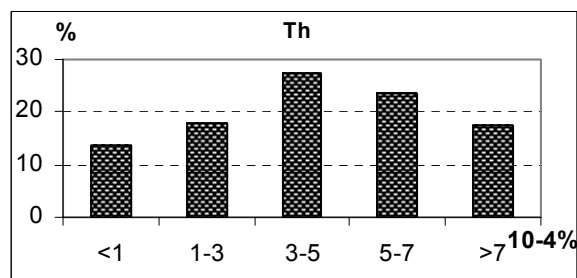
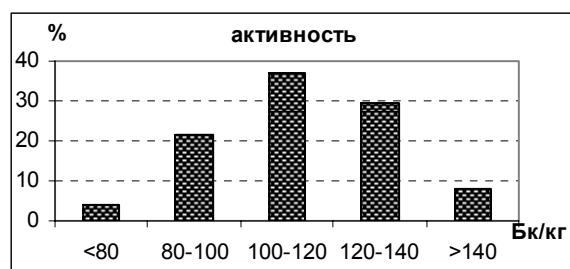


Рис. 8. Распределение активности радиоактивных элементов в майкопских отложениях Талыша

Плиоцен. Радиоактивность плиоценовых пород изучена из разреза Кирмакинской долины (балаханская свита (N_2^1 b)). Как было установлено, балаханская свита имеет невысокую активность радиоактивных элементов (около 60 Бк/кг) и соответственно не отличается по их содержанию. Содержание урана (по радио) составляет около $1,6 \times 10^{-4}\%$, калия – 1,7%. Торий вообще не характерен для пород этой серии.

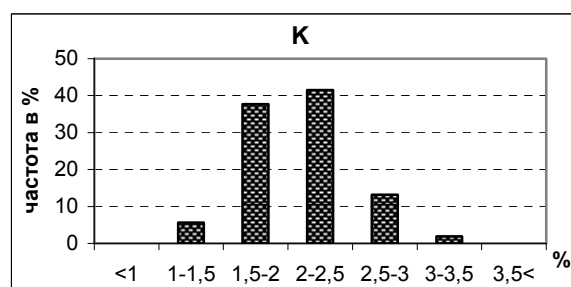
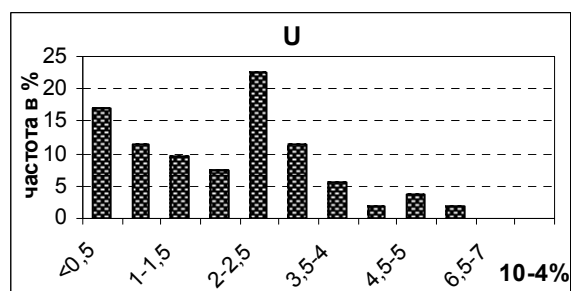
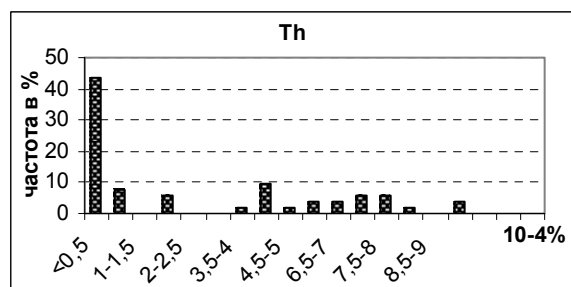
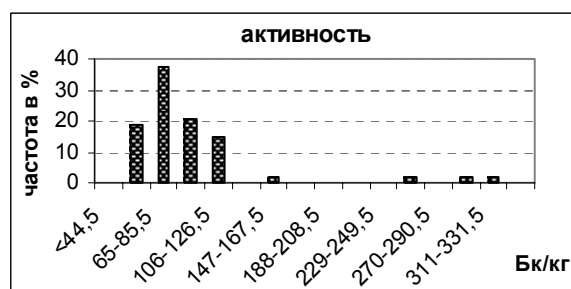


Рис. 9. Распределение активности и радиоактивных элементов в отложениях диатомов

Низкая радиоактивность плиоцена, возможно, связана с их соответствием дельтовым образованиям данного комплекса и обусловлена изменением источника сноса терригенного материала.

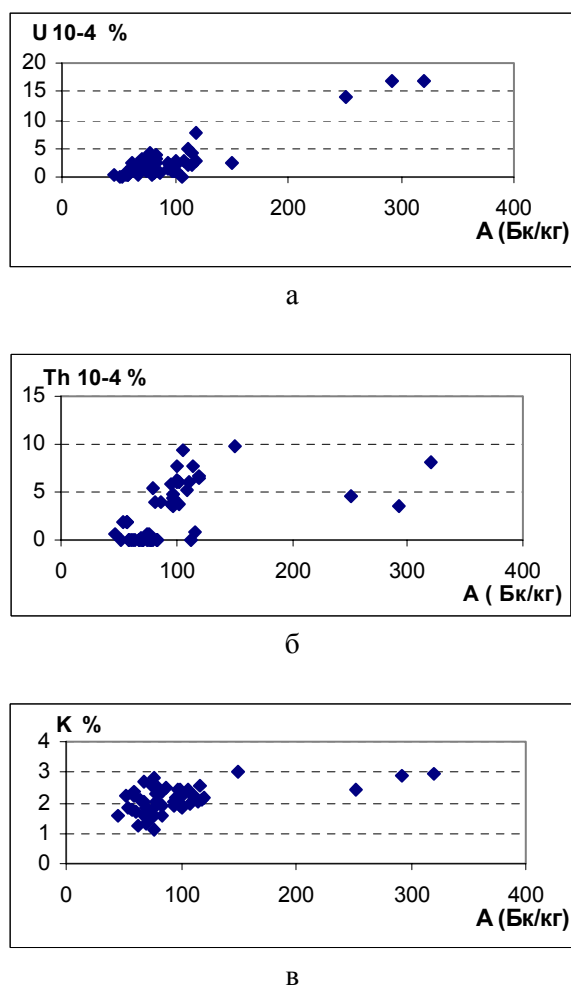


Рис. 10. Зависимость активности урана (а), тория (б), калия (в) в диатомовых отложениях

Закключение

В результате гамма-спектрометрических исследований пород различных стратиграфических интервалов осадочного комплекса Восточного Азербайджана получены следующие основные научные результаты:

1. Изучением распределения интегральной радиоактивности и содержания радиоактивных элементов в осадочных комплексах Восточного Азербайджана, (включая юрские и меловые комплексы Большого Кавказа, палеогеновые – Б. Кавказа и Талыша, неогеновые ЮВ склона Б. Кавказа и на Талыше из 40 разрезов) установлена неоднозначность проявления радиоактивности,

связанная с литолого-стратиграфическими особенностями их строения; при этом наименьшие значения радиоактивности присущи породам мелового возраста, а наибольшие – нижнего майкопа.

2. Распределение активности вышеуказанных комплексов подчиняется нормальному и логнормальному закону при различной активности урана, тория и калия:

а) распределение активности юрских пород (Б. Кавказ) подчиняется нормальному закону и связано с активностью тория и калия;

б) низкая активность меловых пород обусловлена низким содержанием урана (радия), тория и калия; основной вклад в общий уровень активности поступает от калия;

в) активность отложений эоцена (коун) (ЮВ часть Б. Кавказа) связана с торием; в вулканических пеплах – с ураном; верхний отдел осадочного эоцена имеет большую активность, которая связана с калием;

г) активность нижнего майкопа (ЮВ часть Б. Кавказа) самая высокая и связана с повышенным содержанием урана, калий присутствует во всех образцах, на уровне кларка, а торий почти отсутствует;

3. Неогеновые отложения (поздний майкоп) на Кавказе имеют повышенную активность, которая связана с торием и калием; этот критерий можно использовать при проведении границ между разделами майкопа на Кавказе; распределение радиоактивности неогеновых комплексов Талыша подчиняется нормальному закону и зависит в большей степени от калия.

4. Полученные данные по изучению естественной радиоактивности осадочных комплексов Восточного Азербайджана позволили установить, что неоднозначность проявления в них радиоактивности связана с различием составов структурно-вещественных комплексов, возможно, обусловленным геодинамическими условиями их формирования.

Результаты этих работ свидетельствуют о возможности использования гамма-спектрометрических исследований с учетом геолого-геохимических данных как экспресс-метод стратификации осадочных разрезов.

ЛИТЕРАТУРА

- АЛИЕВ, Ч.С., ЗОЛОТОВИЦКАЯ, Т.А., ФЕЙЗУЛЛАЕВ, А.А., ШАХБАЗОВА, В.Г., АЛИЕВА, Э.А. 1999. Радиометрический метод расчленения осадочного разреза. Тез. докладов совещания-семинара «Седиментология осадочно-породных бассейнов Каспийско-Черноморского региона». Баку, 4-5.
- АЛИЕВ, Ч.С., ЗОЛОТОВИЦКАЯ, Т.А. 2000. Радиоактивность пород эоценовых комплексов центрального Талыша. *Известия АН Азербайджана, Науки о Земле*, 1, 67-72.
- СМЫСЛОВ, А.А. 1974. Уран и торий в земной коре. Недр, Ленинград, 213.
- КОГАН, Р.М., НАЗАРОВ, И.М., ФРИДМАН, Ш.Д. 1976. Основы гамма-спектрометрии природных сред. Атомиздат, Москва, 368.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана А.Д.Исмаил-Заде