

PACS: 622.002.5:621.039.75:550.424

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТАХ

Р.Н. Мехтиева¹, З.Р. Агаева², Дж.А. Нагиев³, А.И. Ягубов²

¹Институт Радиационных Проблем НАНА,

²Институт Катализа и Неорганической Химии им. ак.М.Нагиева НАНА

³Национальный Центр Ядерных Исследований

agayeva-zenfira@mail.ru

Резюме: Повышение уровня ионизирующей радиации оказывает негативное действие на жизнедеятельность человека. Соблюдение основных принципов обуславливает сохранность окружающей среды в ее первозданном виде. Учитывая факт широкого использования природных алюмосиликатов, в частности бентонитовых глин, в промышленности и быту, представлял научно-практический интерес изучения распределения радиоактивных элементов в них. Анализирован ряд бентонитовых глин, отобранных из различных месторождений Азербайджанской Республики.

Ключевые слова: экологические факторы, токсичные загрязнения, бентонитовые глины, степень радиации

1. Введение. Актуальность исследования

Цель современной экологии – создание научных основ выживания человечества. Состояние окружающей сферы, загрязненность атмосферы, воды, почвы, качество продуктов употребляемых населением - основные экологические факторы, определяющие здоровье населения. Под загрязнением окружающей среды понимается поступление в природную среду любых твердых, газообразных или жидких веществ, микроорганизмов или энергии (тепловой, электромагнитной, радиационной, звуковой) в количествах, вызывающих изменение состава и свойств компонентов природы, оказывающих вредное воздействие на человека, флору и фауну. Загрязнение окружающей среды может возникнуть вследствие естественных причин: землетрясений, вулканической деятельности, лесных пожаров, биологических самозагрязнений водоемов, постоянно идущей эрозии, а также эрозии, вызванной бурями и наводнениями. Однако наиболее опасными являются антропогенные загрязнения, такие как выбросы вредных веществ в атмосферу (твердых частиц, пыли, дыма, золы, сажи, газообразных веществ – сернистого газа SO₂, оксидов азота NO₂, углекислого газа CO₂, угарного газа CO, различных углеводородов и др.), попадание в природные воды сточных вод больших животноводческих комплексов, промышленных и бытовых сточных вод, содержащих различные неорганические и органические вещества и микроорганизмы, загрязнение водной среды и почвы нефтепродуктами, минеральными солями, тяжелыми металлами (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn и др.) и синтетическими моющими средствами, широкое применение пестицидов – химических средств защиты сельскохозяйственных растений от вредителей болезни и сорняков, засорение ландшафтов мусором и твердыми отходами производства и потребления (остатками исходного сырья, побочными продуктами, металлоломом, резиной, пластмассой, стеклом, тарой, бумагой) а также повышение уровня ионизирующей радиации, источником которой являются радиоактивные вещества, например, ²³⁵U, ²³²Th, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs в результате самопроизвольного превращения которых

могут возникать α и β частицы, нейтроны, γ -лучи, оказывающие сильное воздействие на человека, вызывая генетические изменения.

В последние годы при исследованиях этих вопросов установлено, что природные вещества могут оказывать на биосферу такое же, а иногда и большее воздействие, чем антропогенные и их не всегда можно считать экологически безопасными. Особенность антропогенного воздействия на природу состоит в том, что при этом образуются высокотоксичные для всего живого продукты. Возникновение токсичных загрязнений может быть связано как с накоплением природных веществ (например: тяжелых металлов – свинца, хрома, кадмия и др.), так и с получением новых веществ (пестицидов и др.), а также с содержанием в них радиоактивных элементов. В данном случае важно раннее распознавание влияния промышленных химических продуктов и продуктов превращения природных соединений на окружающую среду. При этом важно соблюдать три основные задачи экологической химии от решения, которых зависят сохранение среды обитания это:

1. Разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий, сведение к минимуму выбросов в атмосферу и гидросферу, что достигается комплексным использованием сырья, внедрением безотходных производств, водооборотных схем, заменой отдельных стадий процессов экологически более чистыми процессами и т.д.
2. Повышение эффективности очистки выбрасываемых в водоем сточных вод от наиболее вредных веществ.
3. Оценка воздействия на окружающую среду загрязняющих веществ и прогнозирование их дальнейшего поведения, распространения и превращения в другие вещества под влиянием факторов среды.

Классификации, в которой виды загрязнений распределяют по характеру их влияния на экосистемы, включает изменение химического состава окружающей среды за счет поступления чуждых естественными экосистемами веществ – химическое загрязнение, изменение физических характеристик окружающей среды: теплового баланса, уровня освещенности, шума, радиационного фона, интенсивности электромагнитных излучений – физическое загрязнение; изменение биологического разнообразия, состава и функционирования популяций живых организмов: результат нерегулируемого отлова, отстрела животных, браконьерство, развитие болезнетворных бактерий и вирусов, нарушение биоценозов из-за неумелого внедрения новых видов организмов – биологическое загрязнение; изменение природных ландшафтов и экосистем в процессе природопользования, вызывающее отрицательные экологические последствия и приносящее эстетический вред. Одним из основных факторов неблагоприятного антропогенного воздействия на окружающую среду является её химическое загрязнение. Этому виду загрязнения подвержены все среды обитания: водная, наземно-воздушная, почва и сами живые организмы. По оценке ВОЗ, из более, чем 6 млн. известных химических веществ практически используется до 500 тыс. соединений. Из них около 40 тыс. веществ обладают вредными для человека свойствами, а 12 тыс. являются токсичными. Формами нахождения химических элементов являются горные породы, минералы, магма, рассеянные элементы и т.д. Ассортимент химических веществ ежегодно возрастает на 5%. Особую группу химических продуктов составляют радиоактивные вещества, сильное биологическое действие которых вызвано их ионизирующим излучением. Живые организмы способны без вреда для себя переносить присутствие определенных количеств загрязняющих веществ. Такое их содержание, ниже которого болезненные реакции не наблюдаются, называется пороговым уровнем. При больших концентрациях наступают последствия для здоровья, которые зависят как от количества

вещества, так и от длительности его воздействия или экспозиции. При короткой экспозиции переносимыми является более высокие уровни загрязнителей, т.е. при коротком воздействии загрязняющих веществ пороговые значения могут быть выше, а при более длительном воздействии ниже. Исключение составляют вещества, способные к биоаккумуляции и радиоактивные вещества. У радиоактивных веществ, по мнению исследователей, пороговый уровень нулевой. Это означает, что любое, даже самое краткосрочное их воздействие может причинить вред организму. Выдающуюся роль в развитии представлений о значении радиоактивных веществ в жизни организмов и закономерностях их миграции в биосфере сыграли труды основоположника биогеохимии В. И. Вернадского и его учеников. Термин «радиоэкология» был предложен в 1956 г. Независимо друг от друга учеными А. М. Кузиным и А. А. Передельским и американским профессором Е. Одумом. В организмах растений и животных происходят процессы биологической концентрации радиоактивных веществ, которые могут быть переданы по трофической цепи человеку как потребителю рыбы. Эти вещества могут концентрироваться мелкими организмами, а затем, попадают к другим животным, хищникам, где образуются опасные концентрации. Радиоактивность некоторых планктонических организмов превышает в 1000 раз радиоактивность воды. Некоторые пресноводные рыбы, представляющие собой одно из высших звеньев цепи питания, в 20 – 30 тыс. раз радиоактивнее воды, в которой они живут. При отмирании организмов происходит вторичное заражение воды радиоактивностью. Радиоактивность воды в открытых водоемах при выпадении радиоактивных осадков зависит от плотности их выпадения, растворимости в воде и глубины водоема. На поверхность Земли при добыче нефти и газа, вместе с нефтью, извлекается некоторое количество радионуклидов семейства урана, тория и радона. Радон в 7,5 раз тяжелее воздуха и скапливается в нижних слоях атмосферы. Пластовые воды, сопутствующие нефти, представляют собой опасный очаг заражения окружающей среды и содержат в себе ионы почти всех переходных элементов. В нефти и пластовых водах содержатся ионы тяжелых металлов, таких как (Co, Cd, Cr, Mn, Cu и др.). В пластовых водах содержится также большое количество радиоактивных элементов (урана, радона, радия и изотопов стронция, цезия и др.) Установлено, что сложный состав минерализованной пластовой воды нефтяных месторождений способствует протеканию на поверхности промышленного оборудования нежелательных химических процессов, способствующих коррозии нефтепромышленного оборудования и оказывает влияние на распределение в них радиоактивных элементов. Присутствие HCO_3^- и SO_4^{2-} ионов способствует снижению содержания радия, а в зависимости от жесткости вод, содержащих наряду с кальцием, стронций и барий, наоборот, способствует обогащению их радием. Радиоактивные элементы (радий и его элементы), в адсорбированном состоянии, при попадании в нефтяные воды десорбируются ионами пластовой воды. Присутствие в пластовых водах различных катионов, расположенных в ряду $\text{H}^+ > \text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ создают предпосылки формирования радиоактивности вод. При изучении распространения радиоактивных элементов в пластовых водах прослеживается связь не только с горными породами, но и с самой нефтью, что отражается на межфазном распределении радиоэлементов в системе нефть-вода. Обычно примерное содержание урана в нефти различных месторождений находится в пределах $1,88 \cdot 10^{-2}$ и $1,25 \cdot 10^{-2}$ %, а содержание радия изменяется от $0,5 \cdot 10^{-10}$ до $1,6 \cdot 10^{-10}$ %. Уран входит в состав многочисленных минералов и его минерализация частично связана с глинистыми и битуминозными сланцами, конгломератами бентонита. Основным урановым минералом является шрекингерит, общей формулы $\text{NaCa}_3[\text{UO}_2\text{IFISO}_4\text{ICO}_3] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, образующийся при испарении рудничных руд и при

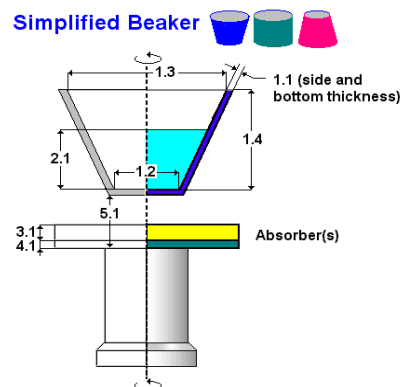
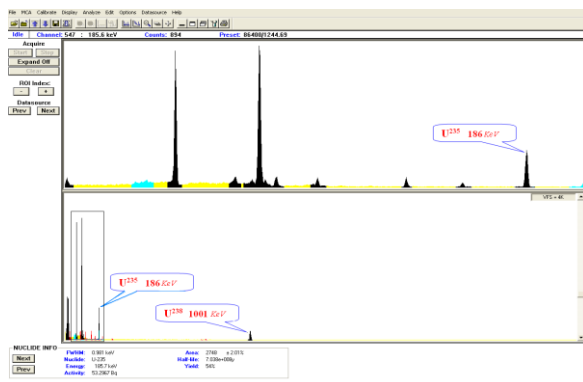
естественном окислении урановых руд. Содержание тория составляет от $2,5 \cdot 10^{-4}$ до $13,6 \cdot 10^{-4}$ %. Накапливается в основном в органическом слое и его количество не зависит от состава пластовой воды. Между содержанием радиоактивных элементов в нефти и химическим составом пластовых вод существует определенная взаимосвязь.

2. Эксперименты и обсуждение результатов

В ходе геолого-литологических исследований установлено, что повышенная зона радиоактивности расположена в верхней части Сумгаитской свиты палеоцена, вблизи контакта с бентонитами эоцена. Надо отметить, что бентонитовые глины относятся к категории природных полезных ископаемых, нашедших широкое применение в разнообразных областях техники, промышленности и сельского хозяйства. Одной из наиболее востребованных в промышленности являются бентонитовые глины в виде формовочного материала (разновидность огнеупорной глины, выдерживает температуру до 1580°C). Ее способность удерживать форму в сыром и высохшем виде, газопроницаемость, высокие связующие свойства и клейкость нашли широкое применение в металлургии, введение всего 5% этого минерала достаточно для того, чтобы сделать формы особой прочности, в строительстве-в качестве гидро и теплоизоляции материалов. В текстильной промышленности-при шлихтовании хлопчатобумажных тканей. В бумажной - при регенерации бумаги в процессе ее очистки от типографной краски, в керамической-в качестве добавки к огнеупорным глинам для понижения точки плавления и т.д.. Бентонит применяется в косметической промышленности, при осветлении вин и фруктовых соков. Лекарства, приготовленные на их основе, способствуют обезболиванию и скорейшему заживлению ран и т.д.

На основании вышеизложенного представлял научный и практический интерес изучения степени радиационной активности бентонитовых пород различных месторождений Азербайджана, отобранных из глинистых месторождений в зависимости от глубины залегания. Надо отметить, что количество монтмориллонита, составляющего основную массу бентонитов, изменялась в зависимости от глубины залегания и составляла от 57,0-80,0%. Активность радионуклидов в образцах бентонитовых пород определяли при помощи гамма-спектрометра (Canberra) с германиевым детектором HPGe, активность изотопов урана определяли α -спектрометром (Canberra) марки «Alfa Analyst». Совместное присутствие изотопов урана и радия определяли на жидкостном хроматографе (Perkin Elmer) марки TriCarb 3100 TR.

Определение активности радионуклидов бентонитовых пород с использованием гамма-спектропии



$$A_{U^{235}} = \frac{S_{186\text{ keV}}}{\varepsilon_{186} Y_{186} \tau}$$

$$A_{U^{235}} = \lambda_{U^{235}} \cdot N_{U^{235}} = \frac{\ln 2}{T_{1/2}^{U^{235}}} \cdot N_A \cdot \frac{m^{U^{235}}}{M_{U^{235}}}$$

$$A_{U^{238}} = \lambda_{U^{238}} \cdot N_{U^{238}} = \frac{\ln 2}{T_{1/2}^{U^{238}}} \cdot N_A \cdot \frac{m^{U^{238}}}{M_{U^{238}}}$$

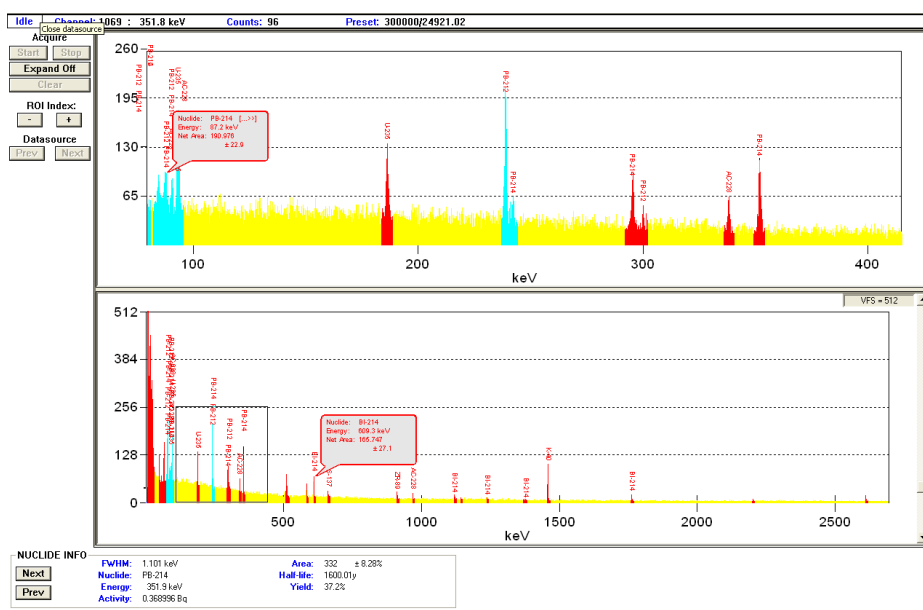
$$\frac{m^{U^{238}}}{m^{U^{235}}} = \frac{A_{U^{238}} \cdot M_{U^{238}} \cdot T_{1/2}^{U^{238}}}{A_{U^{235}} \cdot M_{U^{235}} \cdot T_{1/2}^{U^{235}}}$$

Результаты проведенных исследований представлены в таб.1

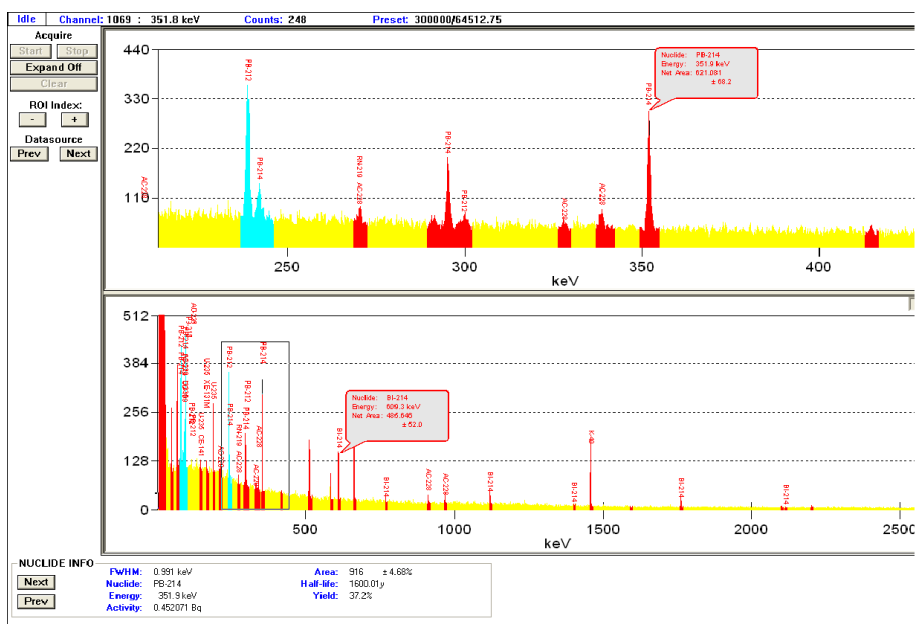
Таблица 1. Исследование активности радионуклидов бентонитовых пород различных месторождений

Название радионуклидов	Гызылдаре	Агдере	Дашсалахлы	Хызы	Алибайрамлы
	активность радионуклеидов, Bk/kg				
Pb-210	17.1 ± 6.5	37.6 ± 6.6	74.6 ± 9.1	41.8 ± 10.9	64.6 ± 9.5
Cs-137	MDA=1.25	MDA=1.32	MDA = 2.2	MDA = 2.8	MDA = 3.9
Th-232	42.1 ± 6.5	60 ± 11	77 ± 12	58 ± 7	69 ± 12
U-235	1.2 ± 0.3	1.6 ± 0.3	2.1 ± 0.5	1.9 ± 0.4	1.6 ± 0.5
U-238	29.4 ± 4.5	42 ± 6	50.3 ± 10.6	41.4 ± 9.6	34.5 ± 6.5
Ra-226	20.3 ± 1.5	33.6 ± 2.1	57.9 ± 1.4	33.7 ± 1.8	44.5 ± 2.2
Ra-228	37.0 ± 1.8	41.5 ± 2.8	50.4 ± 1.9	47.5 ± 2.8	54.9 ± 3.8
K-40	155 ± 14	325 ± 21	139 ± 15	198 ± 19	186 ± 21
<i>A_{eff}</i>	88.6 ± 11.2	139.8 ± 18.3	170.6 ± 18.4	126.5 ± 12.6	150.7 ± 19.7

Гамма-спектр бентонитового образца Дашсалахлы



Гамма-спектр бентонитового образца Гызылдаре



Исследованиями установлено, что количество монтмориллонита в осадочных породах, т.е. глубина залегания пород, не оказывало существенного влияния на степень активности радиоактивных элементов. Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о том, что степень радиоактивности бентонитовых глин меняется в зависимости от месторасположения залежей. Радиоактивность бентонитовых месторождений, в некоторых случаях, несколько превышает допустимые нормы, что оказывает негативное влияние на окружающую среду. Радиационный фон экосферы создает предпосылки возникновения различных заболеваний, ослабевает иммунитет, увеличивается риск заболеваний сердечно-сосудистой системы, органов чувств и зрения. Радионуклиды, при проникновении в организм, разносятся по телу с кровью и лимфой и, оседая в легких и накапливаясь в лимфатических узлах, становятся источником облучения. Современная радиоэкология представляет собой разветвленную отрасль науки, в которой с учетом специфических особенностей объектов природной среды принято выделять два крупных направления: радиоэкологию гидробиоценозов, или водную радиоэкологию и радиоэкологию наземных биогеоценозов: лесная радиоэкология, сельскохозяйственная радиоэкология и радиоэкология животного мира. В результате проведенных исследований сделан вывод, что в свете охраны экосферы, исследование распределения радиоактивных элементов в бентонитовых породах является мероприятием, направленным на сохранение, рациональное использование и воспроизводство природных систем и ресурсов Земли в интересах существующих и будущих поколений людей.

Литература

1. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. М. Изд-во МГУ, 2000, 336 с.
2. Abbasian H., Ashayeri A., Meigooni H.G. et al. Aquatic ecosystem pollution and ecological impacts of agricultural sewage in the Caspian Sea watershed // Journal of Ecology and the Natural Environment, 2012, v. 4(9), pp. 241-246

3. Сеидов А.Г. Осадочные цеолиты Азербайджана и их применение // Материалы конференции производства и применение природных цеолитов. Баку, 1999, с.44-47.
4. Гарибов А.А., Халилов А.Д., Нагиев Дж.А. Об урановых породах на южном склоне большого Кавказа Азербайджана //The VIII Conference Radiation researches and their practical aspects, 2013, p.169-179.
5. Наседкин В.В., Кваша Ф.С., Стаханов В.В. Бентониты в производстве России. М. ГЕОС, 2001.170 с.
6. Г.Х.Эфендиев, Р.А.Алекперов, А.Н.Нуриев //Вопросы геохимии радиоактивных элементов нефтяных месторождений. Вакı, Elm, 1984, 150 ş.
7. M.Holbol, S.Wold, M.Jonson // Colloid diffusion in compacted bentonite. Clay and clay minerals, 2010, T.58, P.532-541.
8. Garibov A.A., Mehdiyeva R.N., Naghiyev J.A. Separation of radioactive elements (^{226}Ra , ^{228}Ra) from the radioactive coal in the territories of iodine factories / The Fifth Eurasian Conference Nuclear Sciences and its Application, Ankara, 14 October 2008, s.153
9. Z.R. Agayeva, E.E.Jabarov, N.A.Imanova, N.V. Veliyeva, S.G. Mammadova Study of radioactivity degree of natural aluminosilicates./Abstracts of Republican scientific conference dedicated to 80 th anniversary of M.Nagiyev Institute of Catalysis and inorganic chemistry, 2016, p.402

REGULARITIES OF THE DISTRIBUTION OF RADIOACTIVE ELEMENTS IN NATURAL ALUMOSILICATES

R.N. Mehdiyeva, Z.R. Aghayeva, J.A. Nagiyev, A.I. Yagubov

Abstract: Increasing the level of ionizing radiation has a negative effect on human life. Compliance with the basic principles determines the safety of the environment in its original form. Taking into account the fact of the wide use of natural aluminosilicates, in particular bentonite clays, in industry and everyday life, it was of scientific and practical interest to study the distribution of radioactive elements in them. A number of bentonite clays selected from various deposits of the Azerbaijan Republic has been analyzed.

Key words: environmental factors, toxic pollution, bentonite clay, the degree of radiation

TƏBİİ ALÜMİNOSİLİKATLARDA RADIÖAKTİV ELEMENTLƏRİN PAYLANMA QANUNAUYĞUNLUQLARI

R.N. Mehdiyeva, Z.R. Ağayeva, C.A. Nağıyev, A.I. Yaqubov

Xülasə: İonlaşdırıcı radiasiya səviyyəsinin yüksəlməsi insan sağlamlığına mənfi təsir göstərir. Əsas prinsiplərə əməl edilməsi ətraf mühitin ilkin şəkildə saxlanmasını şərtləndirir. Təbii alüminosilikatların, xüsusi halda bentonit gilinin sənayedə və gündəlik məişətdə istifadəsi geniş yayıldığından onda radioaktiv elementlərin paylanmasınınin tədqiqi elmi və praktik maraq doğurur. Azərbaycan Respublikasının müxtəlif regionlarındakı yataqlardan götürülmüş bentonit gilinin radionuklid tərkibi analiz olunmuş və nəticələr təhlil edilmişdir.

Açar sözlər: ekoloji faktorlar, toksik çirklənmələr, bentonit gili, radiasiya səviyyəsi