

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ НАФТОВИДОБУВНОГО КОМПЛЕКСУ НА ОБ'ЄКТИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Л. Д. Пляцук, О. А. Бурла, І. Ю. Аблєєва

Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна. E-mail: i.ableyeva@ecolog.sumdu.edu.ua

Розглянуто актуальну науково-прикладну задачу оцінки рівня радіоактивного забруднення навколишнього середовища у зоні впливу об'єктів нафтовидобувного комплексу. Проаналізовано основні джерела та причини надходження радіоактивних ізотопів до відходів буріння свердловин. На основі літературних джерел визначено, що основними дозоутворюючими радіонуклідами при видобутку нафти є ізотопи радію та торію ($^{226,228,224}\text{Ra}$, ^{228}Th), а при видобутку газу – ізотопи радону, свинцю і полонію ($^{222,220}\text{Rn}$, ^{210}Pb і ^{210}Po), забруднення бурового обладнання може сягати до 6000 мкР/год. Проведено комплекс експериментально-дослідницьких робіт, спрямованих на аналіз ступеню радіоактивності техногенних об'єктів (пластової води, осадів відстійників та резервуарів) та компонентів природного середовища (грунту, води в річці, питної води з колодязів) на території Бугруватівського нафтового родовища. Для вимірювань використано γ -спектрометричну установку EVT, а вміст радіонуклідів α -випромінювачів визначався за допомогою окремих радіохімічних методик. Встановлено, що перевищення гранично допустимих доз спостерігається переважно для пластової води, що вимагає розробку заходів по попередженню небезпеки для здоров'я та життя персоналу.

Ключові слова: радіоактивні відходи буріння, радіаційна безпека, нафтогазові родовища, іонізуюче випромінювання, радіохімічний аналіз.

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА НА ОБЪЕКТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Л. Д. Пляцук, О. А. Бурла, И. Ю. Аблеева

Сумской государственной университет

ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина. E-mail: i.ableyeva@ecolog.sumdu.edu.ua

Рассмотрено актуальную научно-прикладную задачу оценки уровня радиоактивного загрязнения окружающей среды в зоне влияния объектов нефтедобывающего комплекса. Проанализированы основные источники и причины поступления радиоактивных изотопов в отходы бурения скважин. На основе литературных источников определено, что основными дозообразующими радионуклидами при добыче нефти являются изотопы радия и тория ($^{226,228,224}\text{Ra}$, ^{228}Th), а при добыче газа – изотопы радона, свинца и полония ($^{222,220}\text{Rn}$, ^{210}Pb и ^{210}Po), загрязнение бурового оборудования может достигать до 6000 мкР/час. Проведен комплекс экспериментально-исследовательских работ, направленных на анализ степени радиоактивности техногенных объектов (пластовой воды, осадков отстойников и резервуаров) и компонентов природной среды (почвы, воды в реке, питьевой воды из колодцев) на территории Бугруватовского нефтяного месторождения. Для измерений использована γ -спектрометрическая установка EVT, а содержание радионуклидов α -излучателей определялось с помощью отдельных радиохимических методик. Установлено, что превышение предельно допустимых доз наблюдается преимущественно для пластовых вод, что предполагает разработку мер по предупреждению опасности для здоровья и жизни персонала.

Ключевые слова: радиоактивные отходы бурения, радиационная безопасность, нефтегазовые месторождения, ионизирующее излучение, радиохимический анализ.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Переважаючий радіаційний вплив нафтовидобувних комплексів (НВК) на навколишнє середовище полягає у винесенні з промислової території продуктів розпаду урану. Основним джерелом природних радіонуклідів (ПРН) при бурінні свердловин є гірські породи, які активно контактують з пластовими водами, відпрацьованим буровим розчином, а підіймаючись до поверхні, переходять до бурового шламу і бурових стічних вод, що й обумовлює радіоактивність цих відходів за рахунок наявності ^{238}U , ^{232}Th і ^{40}K [1, 2]. Радіоактивні елементи входять до складу осадів на насосно-компресорних трубах (НКТ), резервуарах, нафтопроводах та іншому буровому устаткуванні, забруднення від якого може сягати до 6000 мкР/год. Ці відкладення відрізняються за своїми фізико-хімічними характеристиками, однак у переважаючій більшості на 90–95% складаються з радіобарита – $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$ з незначними домішками інших з'єднань

[3]. Особливу групу відходів з вмістом ПРН складають нафтошлами, що формуються на дні ставків-відстійників, аварійних амбарів, резервуарів, та в іншому технологічному обладнанні в процесі підготовки, транспортування, зберігання нафти та нафтопродуктів. Значення питомої активності шламів, за різними даними, змінюється від 10^2 Бк/дм³ до 10^4 Бк/дм³, що підсилюється наявністю емульсованої високомінералізованої води [4].

Результати досліджень деяких вчених [5] свідчать про достовірний вплив радіоактивних (^{226}Ra , ^{232}Th) відходів нафтового видобутку на фіто- та мікроцено-тичні угруповання екосистем, що проявляється у скороченні мікробної маси, метаболічної, зокрема дегідрогеназної активності. Ферментативна система виявляється найбільш чутливою до дії γ -випромінювання, тому спостерігається інгібування чисельності різних еколого-трофічних груп бактерій [6].

Таким чином, проблема оцінки рівня радіоактив-

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

ності природних та техногенних об'єктів у зоні впливу експлуатуючих нафтогазоносних родовищ є досить актуальною з позицій екологічної безпеки. Утворення осадів з підвищеним вмістом ПРН не тільки створює загрозу забруднення навколишнього середовища, а й становить потенційну небезпеку тривалого опромінення обслуговуючого персоналу малими дозами [7]. Основними дозоутворюючими радіонуклідами при видобутку нафти є ізотопи радію та торію ($^{226,228,224}\text{Ra}$, ^{228}Th), а при видобутку газу – ізотопи радону, свинцю і полонію ($^{222,220}\text{Rn}$, ^{210}Pb і ^{210}Po) [8]. Фоновий вплив цих радіонуклідів проявляється у річному надходженні їх з продуктами харчування, що становить 14–140 Бк для кожного. Концентрація природного урану у воді річок України знаходиться в діапазоні 1–20 мкг/л, або в одиницях радіоактивності орієнтовно 0,01–0,2 Бк/л як ^{238}U , так і ^{234}U . У воді Дніпра концентрація природного урану становить 1,3–1,7 мкг/л або 0,016–0,021 Бк/л ^{238}U і ^{234}U .

Для забезпечення радіаційної безпеки на НВК в процесі поводження з техногенно-підсиленними джерелами іонізуючого випромінювання природного походження (ТПДПП) повинні дотримуватися вимоги Норм радіаційної безпеки України (НРБУ), Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ), Правил безпеки в нафтогазовидобувній промисловості України та Санітарних правил поводження з радіоактивними відходами СППРВ (СанПІН 42-129-11-3938-85).

Враховуючи вищенаведене, *метою роботи* є визначення рівня радіоактивного забруднення природних та техногенних об'єктів у зоні впливу нафтовидобувного комплексу.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Дослідження радіаційних факторів об'єктів нафтогазового комплексу з метою оцінки радіаційної небезпеки і визначення вмісту природних радіонуклідів у технологічних циклах і в деяких об'єктах навколишнього середовища проводились на об'єктах НГВУ «Охтирканафтогаз».

У ході виїзних робіт проведено вимірювання потужності експозиційної дози (ПЕД) і концентрації радону в повітрі на площадках Качанівського цеху підготовки та перекачування нафти (ЦППН), Бугруватівського родовища, на площадці тимчасового зберігання радіоактивних відходів (РАВ) на рибальській ділянці Центральної комісії з розробки родовищ корисних копалин (ЦКР). Одночасно з вимірюваннями виконувався відбір проб технологічних середовищ і об'єктів. Також була обстежена територія села Бугрувате, що знаходиться у зоні впливу Бугруватівського родовища, зроблений відбір проб природних об'єктів.

У ході досліджень на Качанівському ЦППН проводився відбір проб пластової води після всіх ступенів очистки на виході з нафтовловлювача (проба 1р), проба технологічних шламів із дна пісковловлювача, який не працював протягом півроку і чекав на очищення (1м), проба шламів із дна діючого пісковловлювача (2м).

Потужність експозиційної дози практично у всіх точках майданчика очистки пластових вод не перевищувала 15 мкР/год, тільки над старим пісковловлювачем досягалися значення 30–40 мкР/год. Поблизу аварійного амбару і над усіма каналізаційними люками значення ПЕД не перевищували 15 мкР/год. На зовнішніх стінках технологічного

устаткування (сепаратори, труби, засувки і т.п.) значення ПЕД в окремих точках досягали 200 мкР/год, що в чотири рази перевищує гранично допустиму дозу (50 мкР/год), однак, в основному, знаходились у діапазоні 10–50 мкР/год.

У зв'язку з труднощами при вимірюванні концентрації радону в повітрі усередині технологічних емностей, їх замінили дослідженнями на відкритих майданчиках поблизу точок можливого виділення Rn.

В усіх вимірюваннях прилад розташовувався якнайближче до джерела виділення з підвітряної сторони й орієнтувався робочою камерою на джерело. Було проведено 5 вимірів: на бортику діючого пісковловлювача в зоні надходження до нього пластової води – <100 Бк/м³; на внутрішньому виступі (нижче краю борта на 0,5 м) і нафтовловлювача в зоні витоку води – <83 Бк/м³; на 10 м від краю рідини в аварійному амбарі – <74 Бк/м³; на краю першого колодязя, куди надходить пластова вода з резервуарів-відстійників (орієнтована витрата пластової води, що втікає через трубу, становить 30 м³/год) – <100 Бк/м³; на відстані 0,4 м від краю оглядового люка на заповненому сировинному резервуарі обсягом 5000 м³ – <90 Бк/м³.

На Бугруватівському родовищі обстежені площадки комплексу захисту пласта (КЗП) і каналізаційної насосної станції (КНС). Інтерес саме до цих об'єктів був обумовлений тим, що вони є вузловими точками, у яких відбувається злиття продукції з нафтових свердловин родовища і пластової води з усіх водозабірних свердловин систем підтримання пластового тиску (ППТ).

На КЗП перевищення природних фонових значень ПЕД зареєстровано тільки в безпосередній близькості від устаткування – в основному значення складали 30–50 мкР/год, в окремих точках доходили до 200 мкР/год. Відібрані дві проби дегазованої водонафтової суміші: із колектора до подачі на сепаратор газу УБС-1 (проба 1н) і на виході після сепаратора (2н). Було проведено два вимірювання радону. У закритому вагончику ГЗУ-1 концентрація радону – <100 Бк/м³. У другому вимірюванні була проведена спроба визначення концентрації радону в супутньому газі на виході з УБС-1. Робоча камера приладу розташовувалася на відстані 30 см сопла штуцера. Орієнтовна витрата газу складала 1 л/с. У момент виміру дув рвучкий вітер із швидкістю до 4 м/с. Середній напрямок вітру практично збігався з напрямком струменя викиду, однак розкид миттєвих напрямків доходив до 50°. За таких умов дуже нелегко визначити фактор розведення газу. Орієнтовно його значення знаходилося в інтервалі 5–10. Заміряне значення концентрації радону – 87 Бк/м³. Таким чином його концентрація в супутньому газі знаходилася у діапазоні 500–900 Бк/м³.

Потужність експозиційної дози на території КНС знаходилася в інтервалі значень 15–20 мкР/год, у безпосередній близькості від устаткування – у діапазоні 40–80 мкР/год, в окремих точках – до 250 мкР/год. Основний склад устаткування на КНС – два резервуари-відстійники пластової води, із яких вода надходить у насосну, звідки направляється на нагнітальний свердловини ППТ. Вертикальний резервуар (1000 м³) знаходився в стадії очікування демонтажу. На момент проведення експериментальних досліджень експлуатація резервуара припинена, зроблена очистка його внутрішніх

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

поверхонь від осаду і мінеральних відкладень. Зачистка проводилась спеціалізованим загonom МНС. До зачищення за даними служби радіаційної безпеки ПЕД усередині бака складала 600 мкР/год. Подібні зачистки резервуарів проводяться раз у 1–2 роки. Відходи, що видаляються, зсипаються в контейнери, які заварювалися і відправлялися на захоронення до Харківського спецкомбінату УДО «Радон». Обсяг відходів, що видаляються одноразово, складає 2–3 м³. Після зачистки, на момент експедиції, ПЕД усередині бака складала – 60 мкР/год, в окремих точках на недоочищених мінеральних плямах – до 300 мкР/год.

На ділянці відібрані три проби пластової води: із колектора на вході на КНС (проба 2р), на виході з резервуара-відстійника - на вході в насосну (3р); одна проба мінеральних відкладень із внутрішньої поверхні резервуара (1в); одна проба сольових відкладень із зовнішніх поверхонь насосного устаткування (5в). Вимірювання радону проведені у двох точках: на відстані 0,5 м від дихального клапана діючого горизонтального резервуара-відстійника – <90 Бк/м³; усередині відкритого вертикального резервуара – 67 Бк/м³.

Площадка тимчасового зберігання РАВ являє собою обгороджену забетоновану ділянку розмірами 60 м x 60 м. На момент обстеження загальна маса складованого радіоактивного устаткування складала близько 500 т, і представленого в основній масі насосно-компресорними трубами. Потужність експозиційної дози в проходах між штабелями знаходилася в діапазоні 50–100 мкР/год, при наближенні до устаткування, зростала й у безпосередній близькості від нього досягала значень 3–4 мР/год, знаходячись в інтервалі 300–500 мкР/год. Концентрація радону в повітрі була заміряна з підвітряного краю площадки і складала 100 Бк/м³. Під час проведення обстеження неможливо було відшукати устаткування, гарантовано доставленого з Бугруватівського родовища. Тому довелося обмежитися відбором проб з устаткування, завезеного з головних споруд, де проводиться об'єднання продукції першого і другого нафтовидобувних цехів, включаючи і Бугруватівське родовище.

Відібрані 4 проби: проба мінеральних відкладень із внутрішньої поверхні виходу сепараторної ємності (2в); проба мінерально-бітумних відкладень з іншого виходу цієї ж ємності (4в); проба мінеральних відкладень із внутрішньої поверхні труби ДУ200 (6в); проба бітумних відкладень із НКТ (3в). ПЕД у точках відбору складала 2; 0,2; 0,5; 0,4 мР/год відповідно.

Бугруватівське родовище займає площу 50 км², що захоплює з двох сторін верхів'я р. Хухри, територію с. Бугрувате і частково с. 8 Березня, розташованих з обох берегів річки. Інші населені пункти знаходяться на відстані 5–10 км від основних технологічних площадок промислу. Уся вільна територія навколо й усередині родовища відведена під орні землі різних господарств. При такій географії родовища максимальному техногенному навантаженню будуть піддаватися жителі вищевказаних сіл, тому обстеження було орієнтовано на ці населені пункти.

Дослідження мали характер подвійної спрямованості. По-перше, визначення можливого впливу на населення вже діючого протягом 30 років нафтовидобувного Бугруватівського комплексу. По-

друге, визначення фонових показників перед значною технічною реконструкцією об'єктів родовища. ПЕД на території обох населених пунктів не перевищує природний фон 8–12 мкР/год.

Відібрано дві проби води з р. Хухри в районах мостів через річку (проба 5р – у верхньому створі, 6р – у нижньому). Відстань між мостами близько 3 км і ця ділянка річки захоплює найбільш насичену об'єктами частину родовища. Витрата води вимірювалася тільки у верхньому створі і складала 0,15 м³/с. На ділянці між створами притоків немає. У день пробовідбору пройшли дві сильні зливи. І навіть після ніякого поверхневого стоку в річку не спостерігалось.

Природним об'єктом розвантаження ґрунтових вод, що протікають по території родовища, є р. Хухра, на берегах якої розташовані села. У зв'язку з цим були відібрані три проби води з колодязів: одна в середині правобережної частини с. Бугрувате (7р); дві – на лівобережжі в районі верхнього (8р) і нижнього гідрологічних створів (9р).

Відібрані 4 проби ґрунту. Одна проба на лузі між селами на правобережжі (1п), одна – на лузі в районі нижнього створу на правобережжі (2п), одна проба – на лузі між селами на лівобережжі (3п). Одна проба ґрунту відібрана на північній ділянці периметра родовища в напрямку на місто Охтирка (4п). Усі проби ґрунту відбиралися після зняття рослинного шару на глибину 5 см десятима уколами пробовідбирником на ділянці діаметром 30 мм на площадці 10 м x 10 м.

З метою оцінки радіоактивного впливу на персонал проведено вимірювання вмісту радіонуклідів у пластових водах, нафти, різних відкладеннях і мулі, відібраних з технологічного обладнання (трубопроводів, ємностях, відстійних резервуарів). Забруднення навколишнього середовища оцінювалося щодо вмісту радіонуклідів в поверхневих і ґрунтових водах, і ґрунті [9]. Для аналізу були відібрані проби на різних ділянках технологічного процесу (табл. 1).

Таблиця 1 – Основні характеристики проб

Номер проби	Фізичні властивості осадів
1в	Відкладення пластинчасті темно-коричневого кольору товщиною 2–3 мм. Колір зламу пластин чорний. Ламкий, легко подрібнюється у порошок у ступці.
2в	Пластинчасті сірого кольору, дуже щільні, ламкі, легко подрібнюються в порошок.
3в	Жирна пастоподібна маса чорного кольору із запахом нафти.
4в	Мінерально-бітумні кулькоподібні відкладення темно-коричневого кольору. Механічно ламкі, легко розминаються руками. Сильно мажуть.
5в	Кристали солі.
6в	За всіма характеристиками відповідає пробі 2в.
1п	В'язка чорна рідина.
1м	Суспензія нафти і мінеральної шлами чорного кольору.
2м	Суспензія нафти і мінеральної шлами чорного кольору.

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

Для вимірювань використовували γ -спектрометричну установку EVT, що складається з напівпровідникового детектора ДГДК-100В-3, одноплатного аналізатора спектра № 21 і ПЕОМ типу SELERON 1,2. Відносна похибка вимірювання не більше 20%. Час експозиції визначався радіоактивністю зразків – 3600 с. Вимірювання проводилися в стандартній геометрії Дента [10].

Завданням γ -спектрометричного аналізу є визначення радіонуклідного складу природних випромінювачів рядів ^{238}U (^{226}Ra , ^{214}Po , ^{214}Bi) і ^{232}Th (^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{212}Bi) у вибірці зразків технологічних шламів, нафти, окремих зразках ґрунту та води [11]. Результати цих вимірювань наведені у вигляді гістограми на рис. 1.

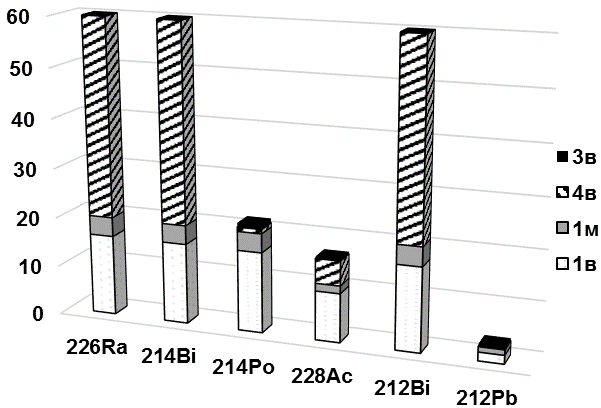


Рисунок 1 – Результати γ -спектрометричного вимірювання активності радіонуклідів в технологічних осадах, шламах і нафті

Вміст радіонуклідів α -випромінювачів визначався за допомогою окремих радіохімічних методик [12]. Попередня підготовка проб відкладень, мулу та ґрунтів перед радіохімічним аналізом полягала в наступному:

1. Взяття наважок масою 1–2 г.
2. Прожарювання наважок при температурі 500 °С протягом 3 годин.
3. Розкладання проб у мінеральних кислотах.

Проба 2в дуже погано розчинялася у таких кислотах, як хлоридна, сульфатна, нітратна і фторидна. Більш повне розчинення спостерігалось після сплаву проби з калієвим лугом, але невеликий залишок після розчинення сплаву в хлоридній кислоті і випаровування в соді все ж залишався. Проба містила мало заліза. Її хімічний склад в основному визначався сульфатами і силікатами лужноземельних металів.

Проби 1в, 3в і 4в переважно повністю розчинилися в 6 М розчині хлоридної кислоти, але при відстоюванні в розчинах проб 3в і 4в спостерігалось випадання силікатної кислоти після охолодження. Основу хімічного складу представляють різні оксиди заліза.

Принцип методу радіохімічного концентрування і виділення урану заснований на його сорбції на аніоніті Dowex-1 в хлориднокислом середовищі, а торію – в нітратнокислом середовищі [13].

Зразки для вимірювання активності урану і торію готували електрохімічним способом. Для визначення хімічного складу урану використовували радіоактивну мітку ^{232}U . Хімічний склад торію оцінювався за попередніми аналізами ідентичних проб із внесеною еталонною активністю і дорівнював 70%. Вимірювання α -активності проводили на альфа-спектрометрі фірми ORTEC США. Чутливість методик для зазначених радіонуклідів становить 0,001 Бк на пробу.

Результати по α -випромінюваних радіонуклідах наведені на рис. 2.

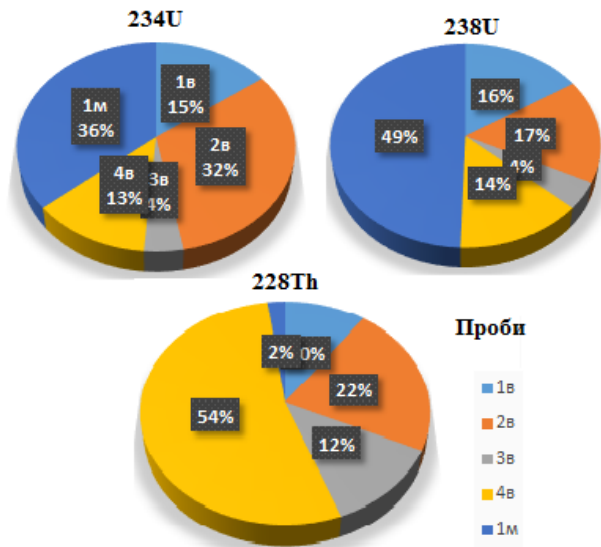


Рисунок 2 – Вміст α -випромінюваних радіонуклідів у відкладеннях і шламах, визначених радіохімічними методами

Для лабораторного вимірювання були взяті 4 проби ґрунту: 1п – 4п. Проби ґрунту відбирали на циліндричних ділянках. Глибина відбору 5–6 см. За зовнішнім виглядом ґрунт можна віднести до чорноземам.

Визначення активності радіонуклідів в пробах ґрунту проводилося за методиками аналізів відкладень в технологічних процесах. Спочатку були проведені γ -спектрометричні вимірювання проб ґрунту, а потім їх радіохімічний аналіз. Результати наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Вміст радіонуклідів в пробах ґрунту

Проба	Питома активність радіонуклідів, Бк/кг						
	^{226}Ra	^{212}Bi	^{212}Pb	^{228}Ac	^{214}Bi	^{214}Pb	^{232}Th
1п	35	18	30	28	30,5	32	31
2п	14,5	17,8	18,8	30,1	26,6	25,3	27,5
3п	21,1	16,8	18,1	32,2	27,7	27,8	31
4п	22,6	21,3	17,45	35,3	34,4	31,4	31,8
	^{228}Th	^{230}Th	^{232}Th	^{234}U	^{238}U	^{40}K	
1п	33,8	15,1	18,7	13,8	15,7	350	-
2п	21,8	12,5	15,1	12,3	12,8	450	-
3п	38,8	15,7	20,6	12,5	13,7	460	-
4п	21,0	14,7	15,7	9,8	10,5	540	-

Результати аналізів (табл. 2) показують, що аномально високий вміст будь-якого радіонукліда, обумовленого техногенними факторами, в пробах ґрунту не спостерігається. Вміст радіонуклідів у відібраних пробах ґрунту не відрізняється від середніх значень, характерних для даного району. Відзначається розбіжність результатів за змістом ^{228}Th , розрахованого по γ -спектрометрії вмірам ^{228}Ac і за результатами радіохімічних аналізів. Результати аналізів γ -спектрометричних вимірювань, приблизно, в півтора-два рази вище, ніж результати радіохімічних аналізів з використанням α -спектрометричних вимірювань.

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

Пластова вода являє собою високо сольовий розчин, який відокремлюється від нафти після підйому її на поверхню. Сольовий склад пластової води містить в основному хлориди натрію з концентрацією 100–160 г/дм³ [14]. В результаті впливу на мінеральні породи родовища вода вилюговує не тільки елементи мінералів (залізо, алюміній, марганець і т.д.), але і радіонукліди, в тому числі дочірні радіонукліди рядів торію і урану. Далі в процесі технологічної переробки нафтоводяної суміші відбувається осадження і концентрування стабільних елементів і радіонуклідів на обладнанні технологічного процесу. Таким чином пластові води є основним постачальником радіоактивних елементів на поверхню, тому потрібно ввести контроль за вмістом в них радіонуклідів [14].

Проби пластової води були відібрані в наступних точках технологічного процесу:

- нафтоуловлювач біля с. Качанівка (проба 1р),
- вхідний колектор Бугруватівської КНС (проба 2р),
- вихідний колектор Бугруватівської КНС (проба 3р).

Відразу після відбору, проби води були прозорі і не спостерігалось каламуті. Після трьох діб в пробах води випало невелику кількість осаду гідроксиду заліза, який фільтрують на паперовому фільтрі «синя стрічка». Через кілька днів в пробах знову випадав подібний осад, що обумовлено окисленням двовалентного заліза до тривалентного.

Також як і при аналізі ґрунтів і відкладень для визначення активності радіонуклідів, використовували ті ж самі радіохімічні методики, адаптовані до води. Для визначення радіонуклідів ²²⁴Ra, ²²⁶Ra і ²²²Rn використовували рідинний сцинтиляційний спектрометр фірми QUNTULUS. Результати щодо вмісту радіонуклідів у воді приведені на графіку (рис. 3).

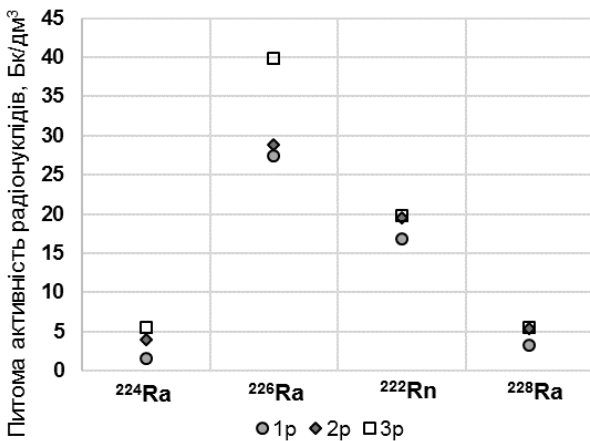


Рисунок 3 – Вміст радіонуклідів у пластових водах

З результатів рис. 3 видно, що радіоактивність пластової води в основному визначається ²²⁶Ra і ²²⁸Ra і продуктами їх розпаду. Це обумовлено високою травильною здатністю лужноземельних елементів безсульфатними хлоридними розсолами. Материнських радіонуклідів торію і урану в пластовій воді міститься дуже незначна кількість 0,005–0,007 Бк/дм³ ²³⁸U і 0,01–0,015 Бк/дм³ ²³⁴U. З геологічної точки зору можна зробити висновок, що присутність цих елементів в породах нафтових родовищ носить підлеглий характер без утворення власних мінералів в цих породах.

Максимальна сумарна активність ²²⁶Ra на стін-

ках обладнання не перевищить 100 ГБк. Швидкість еманції мінеральних утворень може бути прийнята 2,3 · 10⁻⁶% / с або 2300 Бк/с. Максимальна додаткова концентрація радону в попутному газі, обумовлена його виходом з відкладень, не перевищить 1150 Бк/м³.

Максимальний вміст ²²⁶Ra в радіоактивних шламах становить 4000 Бк/кг. Максимальна активність ²²⁶Ra на майданчику СПС, за умови максимального часу накопичення 1 рік, складе близько 1,63 · 10⁹ Бк. При вимірній швидкості еманції радону з шламів 8,2 · 10⁻⁶% / с ексхалція радону з майданчика досушування шламів складе 130 Бк/с або 4 ГБк/рік. Викид буде формуватися практично на рівні землі. Сумарний викид радону в результаті виробничої діяльності з майданчика Бугруватівського родовища не перевищить 730 Бк/с.

ВИСНОВКИ. Забруднення поверхневих вод є одним з основних факторів техногенного впливу радіонуклідів на навколишнє середовище. Особливо жорсткі вимоги пред'являються до питної води як продукту необхідного для нормальної життєдіяльності людини. Відображено результати досліджень питомої радіоактивності води в р. Хухра і в окремих джерелах питної води – колодязях. Через низький вміст радіонуклідів їх визначення в цих водах проводили радіохімічними методами після попереднього концентрування випаровуванням.

Радіаційний вплив Бугруватівського нафтовидобувного комплексу на навколишнє середовище буде відбуватися в основному внаслідок винесення з промислової території продуктів розпаду ²³⁸U. Основними дозоутворюючими радіонуклідами при впливі на населення тут можуть виявитися: ²²⁶Ra, ²²²Rn, ²¹⁰Pb, і ²¹⁰Po. Основною радіоактивною субстанцією викиду нафтогазових родовищ є інертні гази – ізомери радону. Також можливий вітровий та антропогенний підйом з подальшим вітровим переносом радіоактивних речовин, накопичених на майданчиках підсушування шламів і з плям забруднення ґрунту в районах проток пластової води (в основному плями, приурочені до свердловин). Ізотопи радону створюють умови для інгаляційного опромінення персоналу, радіоактивного забруднення навколишнього середовища. Формування викиду відбуватиметься на різних висотах практично від поверхні землі з щільності з'єднань трубопроводів до 30 м – в газовому факелі.

Сумарна кількість радону, що виділяється в навколишнє середовище, буде визначатися двома укрупненими джерелами викидів. Перший – виділення, просочення через дихальні клапани систем, факели спалювання залишкового газу, нещільності арматури, фланців у всьому технологічному циклі відділення нафти і очищення пластової води. Це джерело викиду має при рівномірній добувної потужності родовища щодо стабільну швидкість викиду близько 200 Бк/с. У міру забруднення обладнання, ця складова викиду радону може збільшитися до 600 Бк/с. Другий – радіоактивні газові виділення на ділянці підсушування осаду з шламів. Тут обсяги виділення, а разом з тим і викиду будуть збільшуватися в міру накопичення радіоактивного осаду до 130 Бк/с і поступово зменшуватися в міру вивезення чергових партій на захоронення.

Для оціночних дозових розрахунків можна рекомендувати для товстих відкладень використовувати значення коефіцієнта 0,02 [част. / (см² · хв)] /

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

[Бк/кг], для тонких відкладень – 0,01 [част. / (см² · хв)] / [Бк/кг], для масивних шламів – 0,01 [част. / (см² · хв)] / [Бк/кг].

При консервативних оцінках еквівалентної дози зовнішнього γ-випромінювання для визначення потоків електронів із забруднених продуктами розпаду ізотопів радію об'єктів Охтирського НГВУ необхідно сумарну питому активність речовини ²²⁶Ra і ²²⁸Ra множити на коефіцієнт 0,02 [част. / (см² · хв)] / [Бк/кг].

При дозових оцінках для визначення концентрації продуктів розпаду радону в закритих ємкостях об'єктах на нафтопромислах Охтирського НГВУ можна рекомендувати використання коефіцієнта еманції ізотопів радону – 1 % для щільних відкладень і 4% для вологих дисперсій мінеральних осадів. Для відкладень і шламів швидкість еманції становить 2,3 · 10⁻⁶%/с і 8,2 · 10⁻⁶%/с відповідно (відсотки беруться від сумарної активності материнського радію в речовині, яке виділяє еманцію).

ЛІТЕРАТУРА

1. Abo-Elmagd, M., Soliman, H.A., Salman, Kh.A., El-Masry, N.M. (2010), "Radiological hazards of TENORM in the wasted petroleum pipes", *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 101, pp. 51–54.
2. Bakr, W.F. (2010), "Assessment of the radiological impact of oil refining industry", *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 101, pp. 237-243.
3. Радиационный контроль в современных процессах нефтедобычи / Г.Г. Глухов, В.В. Зукау, Ю.В. Нестерова, И.В. Чикова // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 2 (3). – С. 16–21.
4. Дригулич П.Г. Аналіз стану нормативної бази з радіаційної безпеки у нафтогазовій галузі України / П.Г. Дригулич // Нафтогазова галузь України. – 2014. – №1. – С. 43–46.
5. Влияние радиоактивных отходов нефтедобывающего комплекса на микробное сообщество серой лесной почвы / С.Ю. Селивановская, Р.Х. Гумерова, О.Р. Бадрутдинов, П.Ю. Галицкая // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 4. – С. 85–96.

6. Изменение биологических свойств чернозема обыкновенного после воздействия гамма-излучения / Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков // Почвоведение. – 2007. – № 9. – С. 1095–1103.

7. Романюк С.С. Состояние обеспечения радиационной безопасности на нефтегазовых промыслах / С.С. Романюк // АНРИ. Научно-информационный журнал. – 2002. – Вып. 2 (29). – С. 41–45.

8. Нозик М.Л. Научно-методические основы обеспечения радиозоологической безопасности на предприятиях нефтегазового комплекса: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 – геоэкология. – Москва, 2010. – 24 с.

9. Журавель М.Ю. Современное экологическое состояние подземных и поверхностных вод в районе Качановского нефтепромыслового узла / М.Ю. Журавель, П.В. Ключко, Д.В. Дядин // Экология довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. – № 4. – С. 66–73.

10. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». – М.: ГП «ВНИИФТРИ», 2003. – 30 с.

11. Maxwell, S. L., III; Culligan, B. K., Warren, R. A., McAlister, D. R. (2016), "Rapid method for the determination of ²²⁶Ra in hydraulic fracturing wastewater samples", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 309, pp. 1333–1340.

12. Nelson, A. W., Johns, A. W., Eitrheim, E. S., Knight, A. W., Basile, M., Arthur Bettis, E., III; Schultz, M. K., Forbes, T. Z. (2016), "Partitioning of Naturally-Occurring radionuclides (NORM) in Marcellus Shale produced fluids influenced by chemical matrix", *Environmental Science: Processes & Impacts*, Vol. 18, p. 456.

13. Eitrheim, E. S., May, D., Forbes, T. Z., Nelson, A. W. (2016), "Disequilibrium of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) in Drill Cuttings from a Horizontal Drilling Operation", *Environmental Science & Technology Letters*, Vol. 3, pp. 425–429.

14. Brown, V. J. (2014), "Radionuclides in Fracking Wastewater: Managing a Toxic Blend", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 122, Issue 2, pp. A51–A55.

ASSESSMENT OF THE RADIATION IMPACT OF THE OIL PRODUCING COMPLEX ON ENVIRONMENTAL OBJECTS

L. Plyatsuk, O. Burla, I. Ablieieva

Sumy State University

vul. Rymaskogo-Korsakova, 2, Sumy, 40007, Ukraine. E-mail: i.ableyeva@ecolog.sumdu.edu.ua

Purpose. The article considers the actual scientific and applied task of estimating the level of radioactive contamination of the environment in the zone of influence of the objects of the oil-extracting complex. **Methodology.** The main sources and causes of radioactive isotopes entering wells drilling waste were analyzed. **Results.** On the basis of literature sources, it was determined that the major donor-producing radionuclides in the production of oil are isotopes of radium and thorium (^{226,228,224}Ra, ²²⁸Th), while in the production of gas are radon, lead, and polonium isotopes (^{222,220}Rn, ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po), contamination of drilling equipment can reach up to 6000 mR/hr. **Originality.** A complex of experimental research activities aimed at analyzing the degree of radioactivity of man-caused objects (reservoir water, precipitation sediments and reservoirs) and components of the natural environment (soil, water in the river, drinking water from the wells) on the territory of the Bugrutovsky oil field was conducted. For measurements, the EVT γ-spectrometric installation was used, and the content of radionuclides of α-emitters was determined using separate radiochemical techniques. **Practical value.** It has been established that excess of maximum permissible doses is observed predominantly for reservoir waters, which implies the development of measures to prevent the danger to the health and life of personnel. *References 14, tables 2, figures 3.*

Key words: radioactive drilling waste, radiation safety, oil and gas deposits, ionizing radiation, radiochemical analysis.

REFERENCES

1. Abo-Elmagd, M., Soliman, H.A., Salman, Kh.A., El-Masry, N.M. (2010), "Radiological hazards of TENORM in the wasted petroleum pipes", *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 101, pp. 51–54.
2. Bakr, W.F. (2010), "Assessment of the radiological impact of oil refining industry", *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 101, pp. 237-243.
3. Hluhov, G.G., Zukau, V.V., Nesterova, Yu.V., Chikova, I.V. (2012), "Radiation control in modern oil production processes", *Bulletin of Siberian Science*, Vol. 2 (3), pp. 16–21.
4. Drygulych, P.G. (2014), "Analysis of the state of the regulatory framework for radiation safety in the oil and gas industry of Ukraine", *The oil and gas industry of Ukraine*, no 1, pp. 43–46.
5. Slivanovskaya, S.Yu., Gumerova, R.H., Badrutdinov, O.R., Galitskaya, P.Yu. (2011), "Influence of radioactive waste of the oil producing complex on the microbial community of gray forest soil", *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia, Ecology and Life Safety*, no 4, pp. 85–96.
6. Denisova, T.V., Kazeev, K.Sh., Kolesnikov, S.I., Valkov, V.F. (2007), "Change in the biological properties of ordinary chernozem after exposure to gamma radiation", *Soil Science*, no 9, pp. 1095–1103.
7. Romanyuk, S.S. (2002), "The state of ensuring radiation safety in oil and gas fields", *ANRY. Scientific and information magazine*, Vol. 2, no 29, pp. 41–45.
8. Nozik, M.L. (2010), "Scientific and methodological basis for ensuring radioecological safety at oil and gas industry enterprises", *Author's abstract. dis. ... cand. geol.-min. science: 25.00.36 – geoecology.* – Moscow, 24 p.
9. Zhuravel, M.Yu., Klochko, P.V., Dyadin, D.V. (2007), "The current ecological state of underground and surface water in the Kachanovka oilfield site", *Ecology of the environment and life safety*, no 4, p. 66–73.
10. The procedure for measuring the activity of radionuclides using a scintillation gamma spectrometer with the software "Progress". – M.:GP «VNIIFTRI», 2003. – 30 p.
11. Maxwell, S. L., III; Culligan, B. K., Warren, R. A., McAlister, D. R. (2016), "Rapid method for the determination of ²²⁶Ra in hydraulic fracturing wastewater samples", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 309, pp. 1333–1340.
12. Nelson, A. W., Johns, A. W., Eitheim, E. S., Knight, A. W., Basile, M., Arthur Bettis, E., III; Schultz, M. K., Forbes, T. Z. (2016), "Partitioning of Naturally-Occurring radionuclides (NORM) in Marcellus Shale produced fluids influenced by chemical matrix", *Environmental Science: Processes & Impacts*, Vol. 18, p. 456.
13. Eitheim, E. S., May, D., Forbes, T. Z., Nelson, A. W. (2016), "Disequilibrium of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) in Drill Cuttings from a Horizontal Drilling Operation", *Environmental Science & Technology Letters*, Vol. 3, pp. 425–429.
14. Brown, V. J. (2014), "Radionuclides in Fracking Wastewater: Managing a Toxic Blend", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 122, Issue 2, pp. A51–A55.