КМУ через два месяца ещеМИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН» Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» (Филиал «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК»)

УДК 504.064:539.16

Кривицкий Павел Евгеньевич

ОЦЕНКА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПЛОЩАДКИ «БАЛАПАН»

Работа, представляемая на конференцию-конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов Национального ядерного центра Республики Казахстан

(прикладные исследования)

Руководитель: Айдарханов А.О.,

Директора филиала РГП ИРБЭ НЯЦ РК, к.б.н.

ABTOP

Кривицкий Павел Евгеньевич,

Начальник группы полевой спектрометрии лаборатории радиологических исследований отдела радиационных исследований и восстановления экосистем филиала «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», 1989 года рождения,

образование высшее (Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет в 2013 г.), специальность — «Химическая технология материалов современной энергетики», квалификация по диплому — инженер, работает в филиале «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК» с 2015 г., общий стаж работы 5 лет.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Начальник группы полевой спектрометрии ОРИВЭ

Л.Е. Кривицкий

н.б.н. үүд ДКН ӨЗЧИ ППЧ

Директор филиала

А.О. Айдарханов

подпись, дата

кривицкий п.е.

ОЦЕНКА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПЛОЩАДКИ «БАЛАПАН» Работа, представляемая на конференцию-конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов Национального ядерного центра Республики Казахстан от Филиала «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК»

071100, г. Курчатов, ул. Бейбіт Атом, 2, тел. (722) 513-34-13 E-mail: Krivitskiy@nnc.kz

РЕФЕРАТ

Конкурсная работа содержит 14 страниц, 6 иллюстраций, 7 источников.

Объект исследования: радиоактивно загрязненные на площадке «Балапан».

Цель работы: подготовка информации о характере радиоактивного загрязнения почвенного покрова для составления паспорта площадки «Балапан».

Задачи:

- 1. Сбор, анализ и систематизация данных ранее проведенных исследований.
- 2. Определение категорий радиоактивного загрязнения для каждого участка площадки «Балапан».

Актуальность проблемы обусловлена необходимостью составления паспортов площадок в рамках бюджетной программы.

Научная новизна: на территории технической площадки «Балапан» **впервые** проведено определение типов радиоактивного загрязнения, общих площадей и общих объемов PAO.

Практическая ценность: результаты данной работы позволят составить паспорт площадки «Балапан» и отработать на данной площадке паспортизацию в целом, необходимую в рамках бюджетной программы для всех площадок СИП. Также результаты позволят определить точное количество РАО и дадут возможность разработки мер по реабилитации радиоактивно-загрязнённой территории.

Методика исследований: исследования осуществлялись путем проведения камеральных работ, обработки данных и анализа ранее полученных результатов. Камеральные работы включали: типизацию всех объектов на площадке «Балапан»; построение 3D моделей радиоактивно загрязненных объектов, подсчет площадей объемов РАО.

В результате работ: При обследовании приустьевых площадок объектов на площадке «Балапан» было выделено 2 типа объектов: с радиоактивным загрязнением, превышающим МЗУА и без такового. В свою очередь, объекты с радиоактивным загрязнением делятся на 2 подтипа: с деформацией дневной поверхности и без нее.

При обследование приустьевых площадок скважин нами было выделено 3 типа скважин: скважина на которой имеется радиоактивное загрязнение и имеется деформация дневной поверхности (№1004); скважины на которых имеется радиоактивное загрязнение и отсутствует деформация заемного покрова (10 скважин); скважины на которых радиоактивного загрязнения превышающего МЗУА нет (95 скважин).

Определен объем РАО на объектах с наличием радиоактивного загрязнения, превышающего МЗУА. На объектах без деформации дневной поверхности объем РАО рассчитывался исходя из данных площадного распределения и глубины залегания, не превышающего 10 см. На объектах с деформацией («воронка») радиоактивное загрязнение делится на 2 зоны: зона навала и зона поверхностных выпадений. В случае с поверхностными выпадениями определение объемов РАО проводится так же, как и на объектах без деформации. Для определения объемов РАО в навалах проводилось построение 3D моделей загрязнения, на основании почвенных разрезов и топографической съемки. Результаты расчетов показали наличие РАО на скважине №1080 в количестве 3 250 м³, а на скважине №1004 в количестве 7 000 000 м³.

Личный вклад автора: разработка части программы экспериментов, непосредственное участие в момент проведения работ по обследованию площадки, подготовка проб к анализам, обработка и анализ полученных данных, сравнительная оценка различных объектов на площадке «Балапан», подсчет площадей и объемов РАО.

Степень завершенности работы: работа по комплексной оценке радиоэкологического состояния территории в местах проведения подземных ядерных испытаний завершена.

Публикации

- 1. P.Ye. Krivitsky Character of areal distribution of soil radioactive contamination at «Sary-Uzen» test site / P.Ye. Krivitsky, S.N. Lukashenko, M.A Umarov // Book of abstracts The 4th Asian Congress of Radiation Research, 16-18 August 2017. -Astana, 2017. -P. 97-98.
- 2. P.Ye. Krivitsky Researching into the form of radioactive contamination at "Sary-Uzen" site / P.Ye. Krivitsky, S.N. Lukashenko, M.A Umarov // Book of abstracts The 4th International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity (ICRER) in Berlin, Germany 3-8 September 2017. Berlin, 2017. P. 321-322. ISBN 978-2-9545237.
- 3. Кривицкий П.Е. Радиационно-опасные объекты площадки «Сары-Узень»: типология и особенности / Кривицкий П.Е., Лукашенко С.Н., Умаров М.А. // Ядерная наука и технологии, посвященный 60

летию Института ядерной физики: тез. 11 Международная научная конференция, 12-15 сентября 2017г. – Алматы, 2017. - 323 с. – ISBN 978-601-06-4394-9.

- 4. Кривицкий П.Е. Оценка характера поверхностного радиоактивного загрязнения почвы площадки «Сары-Узень» / Кривицкий П.Е., Лукашенко С.Н., Умаров М.А. // Актуальные проблемы радиохимии и радиоэкологии: материалы III Междунар. науч.-технической конф.,15-17 ноября 2017. Екатеринбург, 2017. С. 89-90.
- 5. Кривицкий П.Е. Современная радиационная обстановка на площадке «Сары Узень» места проведения подземных ядерных испытаний на СИП / Кривицкий П.Е., Айдарханов А.О., Умаров М.А. // Семипалатинский испытательный полигон: наследие и перспективы развития научно-технического потенциала: тез.докл. VIII междунар. конф. 11.09.2018 г. 13.09.2018 г., г. Курчатов, РК. 2018. С. 64.
- 6. P.Ye. Krivitsky Development of remediation activities for radioactively contaminated sites at the «Sary-Uzen» testing ground / P.Ye. Krivitsky, A.O. Aidarkhanov, M.A Umarov // 3rd European radiological protection research week (ERPW), 1-5 October 2018. Croatia, 2018. P. 211.
- 7. Кривицкий П.Е. Искусственные радионуклиды в растительном покрове на бывшей испытательной площадке «Сары-Узень» Семипалатинского испытательного полигона / Ларионова Н.В., Кривицкий П.Е., Айдарханов А.О., Умаров М.А. // Ядерная наука и технологии: тез. докл. II Междунар. науч. Форум, Алматы, 24-27 июня 2019. С. 165-166.
- 8. Кривицкий П.Е. Особенности радиоактивного загрязнения почвенно-растительного покрова площадки «Сары-Узень» на Семипалатинском испытательном полигоне / Кривицкий П.Е., Ларионова Н.В., Айдарханов А.О., Умаров М.А., Мустафина Е.В. // Актуальные проблемы урановой промышленности: сборник трудов IIXX Международной научно-практической конференции, Алматы, 7- ноября 2019. С. 221-222.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
I. ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ НА ВСЕЙ ГЕРРИТОРИИ ПЛОЩАДКИ «БАЛАПАН»	7
1.1 МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ	7
1.2 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	8
2. ОЦЕНКА ХАРАКТЕРА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИУСТЬЕВЫХ ПЛОЩАДОК СКВАЖИН НА ПЛОЩАДКЕ «БАЛАПАН»	9
2.1 МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ	9
2.2 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	10
2.2.1 Скважины с радиоактивным загрязнением и деформацией дневной поверхности	10
2.2.2 Скважины с радиоактивным загрязнением и без деформации дневной поверхности	11
2.2.1 Скважины без радиоактивного загрязнения	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	13

ВВЕДЕНИЕ

На Семипалатинском испытательном полигоне (СИП), имеется 4 наиболее крупные испытательные площадки. Одной из этих площадок является площадка «Балапан». На данной площадке в основном проводились подземные ядерные испытания в скважинах.

По историческим данным [1] на территории технической площадки произведено 106 подземных испытаний в 105 скважинах (Рисунок 1). Проведение ядерных экспериментов, на площадке началось в 1965 году и продолжалось вплоть до 80-х годов. Средняя глубина закладки боезаряда на площадке «Балапан» составляла 650 м.

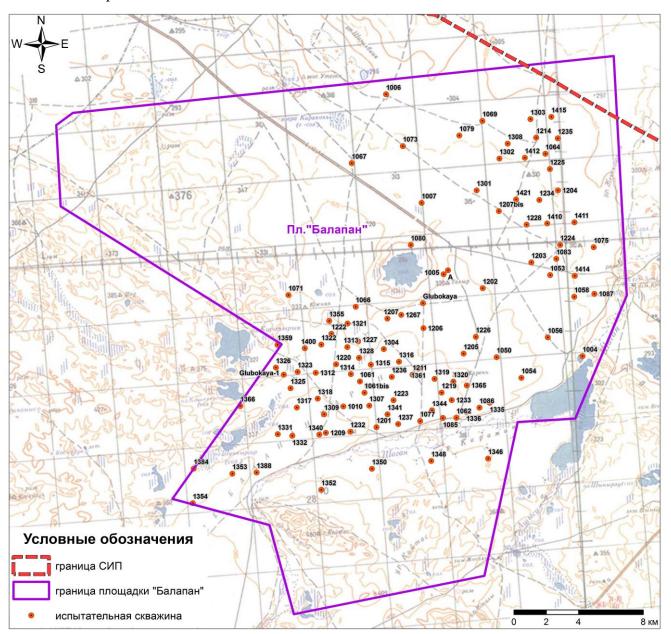


Рисунок 1 Карта-схема площадки «Балапан» с обозначением скважин

Все проводимые подземные испытания можно разделить на 2 основные группы: это – камуфлетные ядерные взрывы (взрывы внутреннего действия) и ядерные взрывы с выбросом грунта (взрывы наружного действия). Взрыв с выбросом грунта (ВВГ) – это подземный взрыв наружного действия, который сопровождается разрушением и перемещением пород в эпицентральной зоне и выходом радиоактивных продуктов в атмосферу в аэрозольной или газовых фазах. При таком взрыве образуется максимальных размеров воронка выброса грунта (кратер). Камуфлетные взрывы в свою очередь могут быть полного внутреннего действия

(взрыв камуфлета полного (ВКП)) и неполного внутреннего действия (взрыв неполного камуфлета (ВНК)). При ВКП все радиоактивные продукты остаются в полости взрыва. ВНК – это взрыв, сопровождающийся незначительным истечением в атмосферу радиоактивных инертных газов. Однако, при проведении испытания возможен ВНК с нештатной радиационной ситуацией (ВНК-НРС). Такой взрыв сопровождается ранним напорным истечением в атмосферу радиоактивных продуктов взрыва в газо- и парообразных фазах. Это может быть обусловлено случайным нарушением нормального процесса проведения испытания и/или непредусмотренными проектом последствиями [2, 3, 4].

Одним из испытаний, которое повлекло за собой образование обширного радиоактивного загрязнения, было испытание в мирных целях «Чаган» (15.01.56 г. в скважине 1004). Эксперимент был проведен в интересах получения информации о возможности применения подземных ядерных взрывов для создания водохранилищ в засушливых районах страны. Этот взрыв был произведен в месте слияния рек Шаган и Ащи-Су. В результате взрыва образовалась воронка глубиной 100 м, а выброшенный при этом грунт привел к образованию по контуру воронки навала высотой 20-35 м, который перекрыл русло рек [4]. В ходе данного эксперимента, помимо радиоактивного загрязнения территории прилегающей к объекту «Чаган», произошло загрязнение вод и прибрежной территории самой реки Шаган.

Также, помимо радиоактивного загрязнения, вызванного проведением подземных ядерных испытаний, на территории площадки «Балапан» присутствуют участки радиоактивного загрязнения, образованные при выпадении радиоизотопов из атмосферы, вследствие атмосферных ядерных испытаний на площадке «Опытное поле». Таким образом на площадке «Балапан» присутствует радиоактивное загрязнение, имеющее как минимум 3 различных характера распределения в почве. В связи с чем для создания паспорта площадки необходим индивидуальный подход по оценке РАО для каждого объекта в отдельности.

1. ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ НА ВСЕЙ ТЕРРИТОРИИ ПЛОЩАДКИ «БАЛАПАН»

1.1 Методика обследования

Оценка особенностей пространственного распределения радионуклидов на территории площадки «Балапан» проводилось путем изучения площадного распределения радиоактивного загрязнения. В работу была взята часть проб почвы, отобранная в 2014-2015 гг. по сети 1х1 км. Общее количество проб, взятых в анализ составило 772 шт.

Радионуклидный состав подготовленных проб определялся методом инструментальной гамма-, бета- и альфа-спектрометрии.

Для определения удельной активности ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs и ¹⁵²Eu проводились спектрометрические измерения с использованием гамма-спектрометров производства фирмы «ОRTEC», в состав которых входили: полупроводниковый детектор серии GEM и цифровой анализатор спектров digiDART. Измерения проводились в соответствии с методикой выполнения измерений на гамма-спектрометре № 5.06.001.98 PK [5]. В качестве измерительных контейнеров использовались пластиковые емкости в форме прямого цилиндра диаметром 94 мм, высота образца варьировалась в зависимости от массы. Масса навесок составляла от 500 до 1000 г. Время экспозиции составляло не менее 30 мин. Определение ²⁴¹Am проводилось гамма-спектрометрическим методом по линии 59,5 кэВ, ¹³⁷Cs − по линии 662 кэВ.

Для определения ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu проводились спектрометрические измерения с предварительным радиохимическим разложением. Для определения содержания ⁹⁰Sr подготовка образца заключалась в просеивании пробы почвы с последующим отбором навески и озолением. Озоленная навеска почвы, обрабатывалась, при нагревании, 6M раствором HCl (выщелачивалась в 6M HCl). Полученный солянокислый фильтрат использовался для концентрирования и дальнейшего выделения изотопов стронция путем осаждения различных носителей. Активность ⁹⁰Sr определялась по его дочернему радионуклиду ⁹⁰Y. Измерения

активности подготовленного спектрометрического источника проводилось на жидкосцинтилляционном спектрометре TRI-CARB 2910TR [6].

Для определения содержания $^{239+240}$ Ри подготовка образца заключалась в просеивании пробы почвы с последующим отбором навески и прокаливанием. Прокаленная навеска почвы, после внесения трассера, разлагалась концентрированными растворами кислот (HF, HNO₃). Для концентрирования, очистки и выделения изотопов плутония использовали сильноосновный анионит AB 17×8 . Спектрометрический источник подготавливали путем электролитического осаждения изотопов плутония на стальную пластину при силе тока 1,4 A в течение 1 часа. Измерения активности подготовленного спектрометрического источника проводилось на α спектрометре Canberra. [6].

1.2 Результаты и обсуждение

По полученным данным можно отметить повышенные концентрации 137 Cs, 241 Am (Рисунок 2). Площадные загрязнения 137 Cs и 241 Am частично схожи своим характером распределения и вызваны 2 факторами.

Первым фактором является выпадение радиоизотопов из атмосферы, вследствие атмосферных ядерных испытаний на площадке «Опытное поле». Следы выпадений протянулись от северо-западной части площадки до центра площадки. Протяжённость следов составляет ~ 30 км, площадь загрязнения ~ 250 км². Удельная активность по 241 Am в почве достигает значений до 30 Бк/кг, по 137 Cs до 80 Бк/кг.

Вторым фактором является выпадение радиоизотопов вследствие проведения подземных ядерных испытаний с радиоактивным выходом. Самая большая область загрязнения образована следами радиоактивных выпадений от испытания в скважине № 1004. След от выпадений имеет протяженность порядка 15 км. Концентрация техногенных радионуклидов достигает: 137 Cs - $n\cdot 10^3$ Бк/кг и 241 Am - $n\cdot 10^3$ Бк/кг, что является превышение по МЗУА.

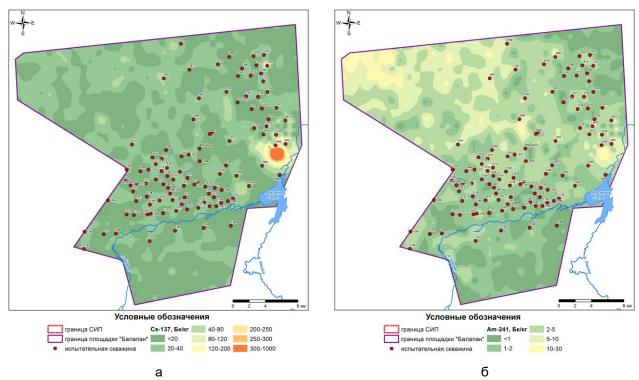


Рисунок 2 Карты площадного распределения на территории площадки «Сары-Узень»: а) по 241 Am; б) по 137 Cs

В случае выпадения радиоизотопов из атмосферы, вследствие атмосферных ядерных испытаний на площадке «Опытное поле» участков со значениями, превышающими МЗУА и относящимися к РАО выявлено не было.

2. ОЦЕНКА ХАРАКТЕРА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИУСТЬЕВЫХ ПЛОЩАДОК СКВАЖИН НА ПЛОЩАДКЕ «БАЛАПАН»

2.1 Методика обследования

Оценка особенностей пространственного распределения радионуклидов на территории приустьевых площадок испытательных скважин проводилась на основании анализа пешеходной гамма- спектрометрической съемки, после которой проводился отбор проб почвы на приустьевой территории скважин, где было зарегистрировано радиоактивное загрязнение. Отбор проб проводился для оценки вертикального распределения техногенных радионуклидов.

Пешеходная гамма-спектрометрическая съемка проводилась на территории приустьевых площадок типовых скважин по сети 200х200 м с разрешением сети 10 м (Рисунок 3, а).

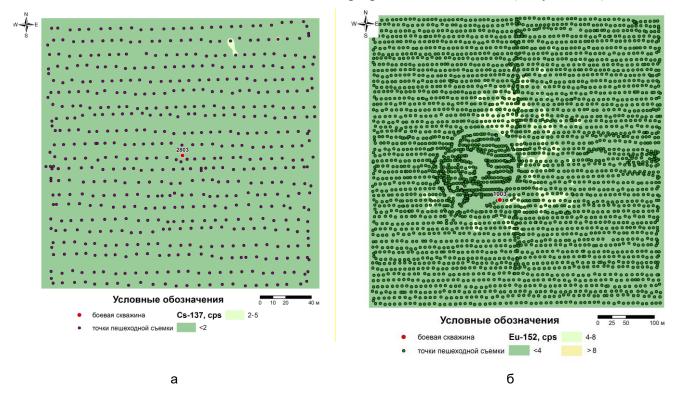


Рисунок 3 Схемы обследования: a) площадки типовых скважин, б) площадки с деформацией земной поверхности (воронки)

Для измерений использовался гамма-спектрометр со сцинтилляционным детектором на основе кристалла бромида лантана (LaBr3(Ce)). Детектор располагался на высоте 50 см от поверхности почвы, время экспозиции составляло 10 с. Заданные параметры гамма-спектрометрической съемки позволяли регистрировать импульсы от основных радионуклидов 137 Cs, 241 Am, 152 Eu в поверхностном слое почвы.

Обследование приустьевых площадок с существенными деформациями (воронки) обследовались с расширенными границами, подобранные индивидуально для каждой скважины такого типа, в зависимости от размера провала (Рисунок 3, б).

Оценка вертикального распределения техногенных радионуклидов производилась путем заложения почвенных разрезов. Для исследования распределения радионуклидов (241 Am, 137 Cs, 152 Eu) по глубине почвенного горизонта закладывались почвенные шурфы с последующим отбором на глубину до 100 см. Все слои отбирались с шагом 5 см, площадь отбора - 100 см 2 .

Для определения радионуклидного состава использовалась стандартная методология (см. пункт 1.1).

На основании анализа гамма-спектрометрической съемки произведена типизация всех скважин на площадке «Балапан». Для определения объемов РАО для каждого типа радиоактивно загрязненного объекта взяты наиболее показательные скважины. Этими объектами являются скважины №№ 1004, 1080 и 1352. Для подсчета РАО определялось 2

основных параметра: площадь и глубина радиоактивного загрязнения. Определение площадей РАО основывалось на данных пешеходной гамма-спектрометрической съемке. Глубина залегания РАО определялась по данным распределения радиоактивного загрязнения по вертикальному почвенному разрезу. Для определения объемов РАО на «воронках» использовалась топографическая съемка. Согласно Санитарно-эпидемиологическим требования к сбору, временному хранению, транспортированию и захоронению радиоактивных отходов к твердым РАО относятся отработавшие свой ресурс радионуклидные источники, не предназначенные для дальнейшего использования материалы, изделия, оборудование, биологические объекты, загрязненные объекты внешней среды, отвержденные жидкие отходы, в которых удельная активность радионуклидов превышает значения минимально значимой удельной активности (МЗУА Бк/кг). При известном радионуклидном составе в отходах они считаются радиоактивными, если сумма отношений удельной активности радионуклидов Бк/кг к их минимально значимой активности и сумма отношений их активности Бк/кг к МЗУА превышают 1 [7]. Таким образом подсчет МЗУА велся по следующей формуле:

$$A_{Pu}/1000 + A_{Am}/1000 + A_{Cs}/10000 + A_{Sr}/100000 + A_{Eu}/1000 \ge 1$$
;

2.2 Результаты и обсуждение

Анализируя результаты непрерывной гамма- спектрометрической съемки установлено, что территории приустьевых площадок 11 скважин на дневной поверхности имеется радиоактивного загрязнения, превышающее МЗУА.

По полученным данным лабораторных исследований, можно отметить диапазон значений удельной активности: для 241 Am - от <0,3 до $n\cdot 10^5$ Бк/кг, для 137 Cs – от <0,1 до $n\cdot 10^5$ Бк/кг, для 90 Sr- <2 до $n\cdot 10^4$ Бк/кг, для $^{239+240}$ Pu – от <0,1 до $n\cdot 10^6$ Бк/кг.

На основание данных по лабораторным анализам и анализу карт площадного распределения техногенных радионуклидов приустьевых площадок скважин можно провести типизацию всех скважин на площадке «Балапан».

Все скважины делятся на 2 группы. К первой группе относятся скважины, на которых имеется радиоактивное загрязнение превышающее минимально значимую удельную активность (МЗУА) (11 скважин), включая скважину с деформацией дневной поверхности (скважина 1004). Ко второй группе относятся все скважины, на которых радиоактивного загрязнения превышающего МЗУА нет (95 скважин).

2.2.1 Скважины с радиоактивным загрязнением и деформацией дневной поверхности

К скважинам с деформацией дневной поверхности в основном относятся скважины где, проводился промышленный ВВГ, целью которого было создание какой-либо инфраструктуры. Для рассмотрения взята единственная скважина с деформацией дневной поверхности на территории площадки «Балапан», скважина 1004 (Атомное озеро). На скважине наиболее показательным техногенным радионуклидом является ¹³⁷Cs (Рисунок 4). Он имеет масштабный характер и в большей степени распространяется в северном направлении.

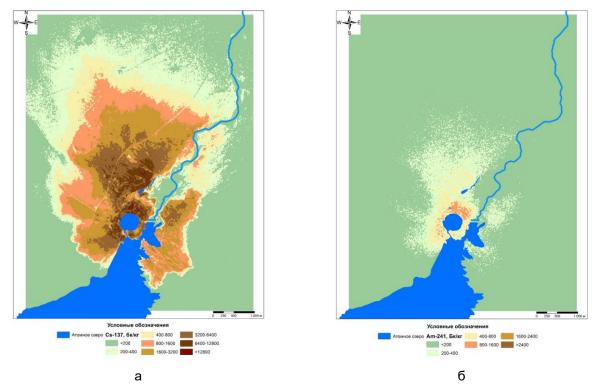


Рисунок 4 Карты площадного распределения на территории скважины № 1004: a) ¹³⁷Cs; б) ²⁴¹Am

Радиоактивное загрязнение 241 Am имеет значительно меньший характер. Площадь радиоактивного загрязнения, превышающая суммарное МЗУA, составляет порядка 10 км^2 . В тоже время объем PAO, с учетом навалов воронки, составляет порядка $7 000 000 \text{ м}^3$.

2.2.2 Скважины с радиоактивным загрязнением и без деформации дневной поверхности

Для рассмотрения взяты результаты обследования скважина 1080. На скважине наиболее показательным техногенным радионуклидом является ¹³⁷Cs (Рисунок 5).

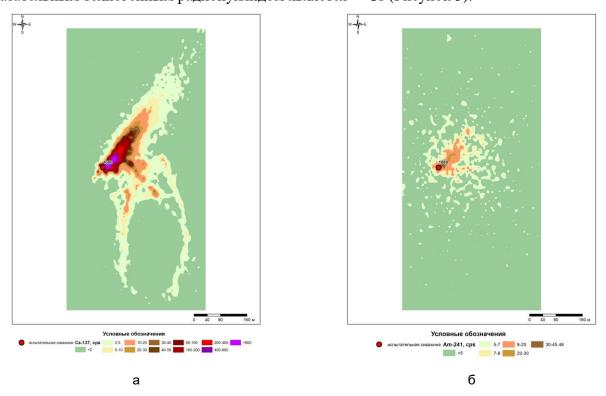


Рисунок 5 Карты площадного распределения на территории скважины № 1080: a) ¹³⁷Cs; б) ²⁴¹Am

По характеру пространственного распределения можно судить о нештатной радиационной ситуации. Как видно из карт распространение радиоактивного загрязнения проходило в различные стороны, а очаг максимального загрязнения сконцентрирован в радиусе до 300 м. Площадь радиоактивного загрязнения, превышающая суммарное МЗУА, составляет порядка 0,03 км². В тоже время объем РАО, с учетом навалов воронки, составляет порядка 3 250 м³.

2.2.3 Скважины без радиоактивного загрязнения

Последний тип скважин, это скважины без какого-либо радиоактивного загрязнения на примере скважины 2803(Рисунок 6).

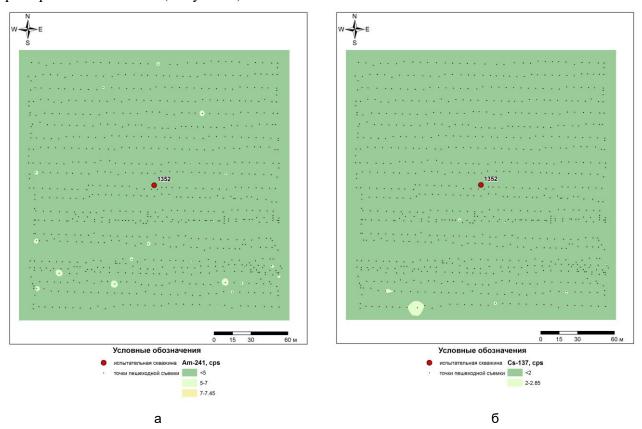


Рисунок 6 Карты площадного распределения скважины 1352: a) ²⁴¹Am; б) ¹³⁷Cs

Как видно на картах распределения $^{137}\mathrm{Cs}$ и $^{241}\mathrm{Am}$ радиоактивное загрязнение на поверхности приустьевых площадок скважин отсутствует, имеется лишь небольшая «рябь», вероятней всего обусловленная прохождением следа радиоактивных выпадений от атмосферного ядерного испытания $16.03.54~\mathrm{r.}$, проведенного на технической площадке $\Pi2\text{-}\Pi7$ на «Опытном поле».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведённых работ установлено, что обследовав территорию площадки «Балапан» отмечены повышенные концентрации ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am. Площадные загрязнения ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am частично схожи своим характером распределения и вызваны 2 факторами: выпадение радиоизотопов из атмосферы, вследствие испытаний на площадке «Опытное поле» и выпадение радиоизотопов вследствие проведения подземных ядерных испытаний с радиоактивным выбросом и взрывами неполного камуфлета.

При обследование приустьевых площадок скважин нами было выделено 3 типа скважин: скважина на которой имеется радиоактивное загрязнение и имеется деформация дневной поверхности (№1004); скважины на которых имеется радиоактивное загрязнение и отсутствует деформация заемного покрова (10 скважин); скважины на которых радиоактивного загрязнения превышающего МЗУА нет (95 скважин).

Определен объем РАО на объектах с наличием радиоактивного загрязнения, превышающего МЗУА. На объектах без деформации дневной поверхности объем РАО рассчитывался исходя из данных площадного распределения и глубины залегания, не превышающего 10 см. На объектах с деформацией («воронка») радиоактивное загрязнение делится на 2 зоны: зона навала и зона поверхностных выпадений. В случае с поверхностными выпадениями определение объемов РАО проводится так же, как и на объектах без деформации. Для определения объемов РАО в навалах проводилось построение 3D моделей загрязнения, на основании почвенных разрезов и топографической съемки. Результаты расчетов показали наличие РАО на скважине №1080 в количестве 3 250 м3, а на скважине №1004 в количестве 7 000 000 м³.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Catalog of worldwide nuclear testing/ V.N. Mikhailov, editor-in-chief, U264.-1999.-c.38.

- 3 Семипалатинский полигон: хронология подземных ядерных взрывов и первичные радиационные эффекты (1961-1989гг.) / Горин В.В., Красилов Г.А., Матущенко А.М. и др. − Бюлл. ЦНИИатоминформ, 1993, № 9 С. 21-32.
- 4 Ядерные испытания СССР: Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении / Кол. авторов под рук. Л.А. Логачева. М.: ИздАТ, 2001. 519 с. ISBN 5-86656-116-6.
- 5 Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика измерений на гаммаспектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine». Введ. 2004-08-26. Рег. № KZ.07.00.00303-2004 М.: РГП «Казахский институт метрологии»., 2004.
- 6 Методика определения содержания искусственных радионуклидов плутония (239+240), стронция 90 в объектах окружающей среды (почвах грунтах, донных отложениях и растениях) Введ. 2010-12-01. Рег. № 43151.4Б207/01.00294-2010 М.: НПО ВНИИФТРИ.
- 7 Об утверждении Санитарных правил "Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности" Введ. 2015-03-27 Министерстве юстиции Республики Казахстан.

² Ядерные испытания СССР: Современное радиоэкологическое состояние полигонов / под рук. Л.А. Логачева. – М.: ИздАТ, 2002. – 652 с. – ISBN 5-86656-135-2.