

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	5
1.1 АДМИНИСТРАТИВНО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	5
1.2 ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	7
1.3 ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ПРИРОДНАЯ ЦЕННОСТЬ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	8
1.3.1 Характеристика климатических условий воздушной среды	8
1.3.2 Характеристика водных ресурсов	9
1.3.3 Земельные ресурсы и почвы	11
1.3.4 Геологическая среда и недра	12
1.3.5 Растительный мир (флора).....	13
1.3.6 Животный мир (фауна).....	16
1.4 СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СРЕДА.....	16
1.5 ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ	17
1.6 НАЛИЧИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	17
2. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК.....	18
2.1 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	18
2.1.1 Определение удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова	18
2.1.2 Определение удельной активности радионуклидов по глубине почвенного профиля	21
2.1.3 Определение площадной активности радионуклидов	23
2.2 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД	27
2.2.1 Определение удельной активности радионуклидов в поверхностных водах	28
2.2.2 Определение содержания радионуклидов в подземных водах	28
2.3 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	29
2.3.1 Определение разовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе.	29
2.4 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА.....	33
2.5 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖИВОТНОГО МИРА	35
2.5.1 Определение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ в мышечных тканях (в мясе) диких животных расчетным методом.....	35
2.6 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, ПРОИЗВОДИМОЙ В РАЙОНЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ	37
2.6.1 Радиационное состояние растениеводческой продукции, которая может быть произведена в районе обследования	38
2.6.2 Радиационное состояние животноводческой продукции, производимой в районе обследования	41

2.7 ПОИСК РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	43
3. РАСЧЕТ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ	48
3.1 ДОЗА ВНЕШНЕГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ОТ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ	48
3.2 ДОЗА ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ПОСТУПЛЕНИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ	49
3.3 ДОЗА ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ПЕРОРАЛЬНОГО ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ	50
3.4 ГОДОВАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА НАСЕЛЕНИЯ ОТ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПЫТАНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ.....	51
4. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ	53
4.1 ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	53
4.1.1 Прогнозная оценка изменения радиационного состояния почвенного покрова на территории участка «ЖД путь», прилегающего к угольному месторождению «Каражыра»	53
4.2 ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ В РАЙОНЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	56
5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСПЫТАНИЙ.....	58
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ, И ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, НЕ ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	61

ВВЕДЕНИЕ

Материалы комплексного экологического обследования земельного участка железнодорожный путь, общей площадью 159,06 га, подготовлены на основании договора между Акционерным обществом «Каражыра» и Республиканским государственным предприятием на праве хозяйственного ведения «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» Агентства Республики Казахстан по атомной энергии в соответствии с Законом Республики Казахстан (РК) «О Семипалатинской зоне ядерной безопасности» от 05.07.2023 г. № 16-VIII ЗРК [1].

В настоящих материалах представлены данные о текущем радиоэкологическом состоянии земельного участка железнодорожный путь, общей площадью 159,06 га, расположенного на территории СИП, подготовленные согласно методике по проведению комплексного экологического обследования территорий, на которых проводились испытания ядерного оружия, утвержденной приказом Министра энергетики РК от 08.04.2022 г. № 126 [2].

В состав работ комплексного экологического обследования входят несколько этапов:

- 1) общая характеристика района обследования;
- 2) оценка радиационного состояния окружающей среды;
- 3) расчет доз облучения;
- 4) прогнозная оценка состояния радиационной обстановки района обследования;
- 5) рекомендации по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия;
- 6) определение земельных участков, представляющих радиационную опасность для населения, на которых необходимо выполнять мероприятия по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия, и земельных участков, не представляющих радиационную опасность для населения.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

1.1 АДМИНИСТРАТИВНО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

Обследуемый участок находится на территории испытательной площадки «Балапан», расположенной в пределах бывшего Семипалатинского испытательного полигона. В период с 1965 по 1989 гг. на площадке «Балапан» проводились подземные ядерные испытания в вертикальных выработках – скважинах [3]. Административно участок входит в состав Кокентауского сельского округа, района Жаңасемей области Абай Республики Казахстан. Общая площадь обследуемого участка составляет 159,06 га (Рисунок 1).



Рисунок 1. Схема расположения участка обследования на административной карте Республики Казахстан

Граница участка обследования установлена согласно каталогу координат поворотных точек, представленного Заказчиком. Для верификации данных и уточнения границ участка использовались сведения, размещенные на портале единой государственной информационной системы Республики Казахстан «Единый Государственный Кадастр Недвижимости» [4]. Общий вид участка обследования и схема расположения поворотных точек представлены на рисунке (Рисунок 2).

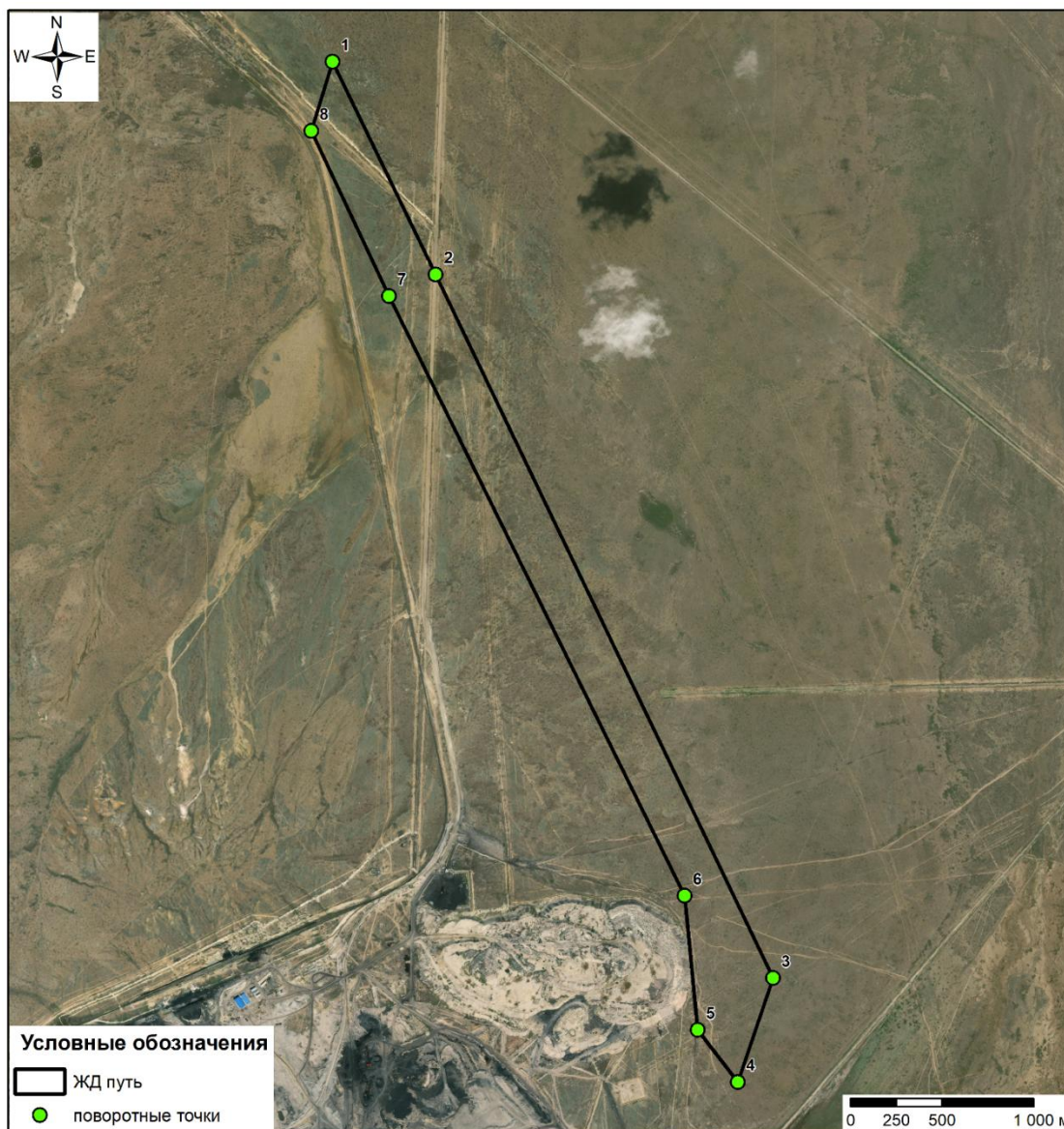


Рисунок 2. Схема расположения поворотных точек участка обследования

Каталог географических координат поворотных точек участка обследования представлен в таблице (Таблица 1).

Таблица 1. Географические координаты поворотных точек обследуемого земельного участка

№ точки	Географические координаты					
	северная широта			восточная долгота		
	°	'	"	°	'	"
1	50	04	49,83	78	43	41,01
2	50	04	12,78	78	44	11,09
3	50	02	10,18	78	45	49,65
4	50	01	51,63	78	45	40,82

№ точки	Географические координаты					
	северная широта			восточная долгота		
	°	'	"	°	'	"
5	50	02	00,61	78	45	29,32
6	50	02	24,27	78	45	24,68
7	50	04	08,71	78	43	58,50
8	50	04	37,51	78	43	35,79

1.2 ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

В геоморфологическом отношении обследуемый участок принадлежит северо-восточной окраине Казахского нагорья или Центрально-Казахстанского мелкосопочника, представленного в целом слаборасчлененным рельефом, сформированным в основном в четвертичное время. На исследованной территории имеет место присущий мелкосопочнику аккумулятивный тип рельефа (Рисунок 3).

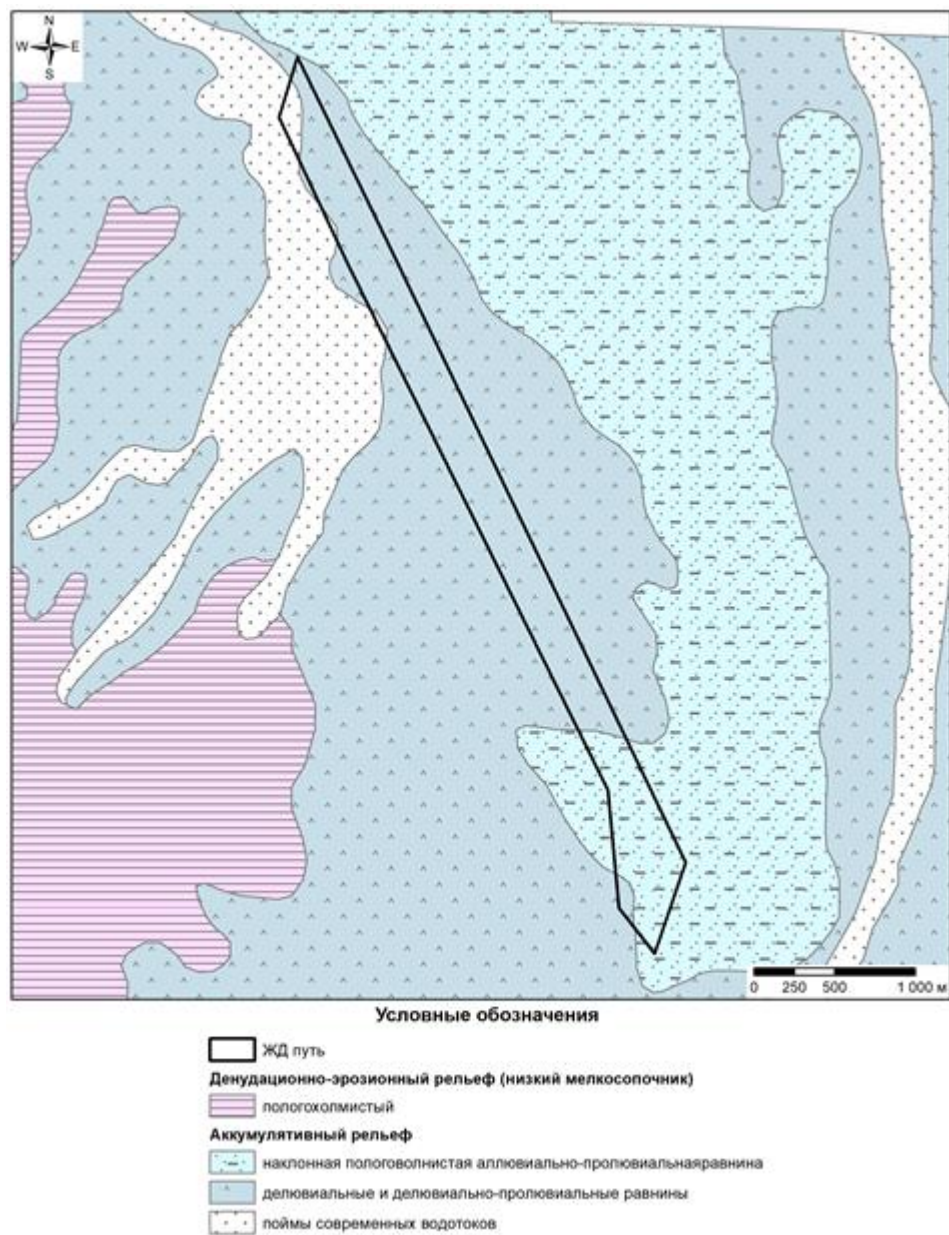


Рисунок 3. Геоморфологическая схема обследуемой территории

Аккумулятивный рельеф. Вся территория представлена различными формами аккумулятивного рельефа. По возрасту и морфологии выделяются: пологоволнистая аллювиальная равнина второй надпойменной террасы реки Шаган, пологоволнистая аллювиально-пролювиальная равнина, равнины делювиальные и делювиально-пролювиальные, поверхности пойм современных водотоков.

Пологоволнистая аллювиальная равнина второй надпойменной террасы реки Шаган занимает незначительную часть территории и располагается на абсолютных отметках 310-340 м. Поверхность террасы практически плоская с множеством блюдцеобразных разного размера озерных понижений. Общий уклон поверхности на восток, уступ террасы находится за пределами обследуемой площади. Поверхность второй надпойменной террасы связана постепенными переходами со шлейфами, обрамляющими мелкосопочник, и аллювиально-пролювиальной наклонной равниной.

Наклонная пологоволнистая, аллювиально-пролювиальная равнина шириной до 5 км протягивается от северо-западного угла территории на юго-восток и плавно примыкает ко второй надпойменной террасе реки Шаган. Равнина имеет слабый уклон на северо-запад; поверхность снижается от абсолютных отметок 310 м до 290 м. Особенностью этого рельефа является то, что равнина обрамлена с северного и южного бортов плоскими делювиально-пролювиальными шлейфами, окаймляющими низкий мелкосопочник. Поверхность равнины слабоволнистая. Следует отметить, что аллювиально-пролювиальная равнина наряду с мелкосопочником являются основными морфологическими типами рельефа Центрально-Казахстанского региона.

Делювиальные и делювиально-пролювиальные равнины распространены повсеместно. Они всегда наклонны и окаймляют низкий мелкосопочник на уровне поверхности аллювиальных и аллювиально-пролювиальных равнин. Поверхность шлейфов и континентальных дельт слабоволнистая, густо изрезанная неглубокими водотоками и сухими руслами [5].

1.3 ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ПРИРОДНАЯ ЦЕННОСТЬ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

1.3.1 Характеристика климатических условий воздушной среды

Обследуемый участок расположен в административных границах области Абай. Поэтому для составления климатической характеристики исследуемого участка использованы средние значения основных метеорологических параметров ближайшего населенного пункта п. Семиярка (область Абай). Метеорологические данные предоставлены Республиканским государственным предприятием «Казгидромет» за период с 1988 г. по 2025 г. по результатам многолетних мониторинговых наблюдений на метеорологических станциях в этом населенном пункте.

Климат на участке обследования, согласно классификации по Кеппену – Dfb теплый влажный континентальный (резко-континентальный). Зима холодная и продолжительная. Самый холодный месяц – январь, со среднемесячной температурой воздуха $-12 \div -17$ °С, в некоторых местах $-23 \div -27$ °С. Температура самого теплого месяца, июля $15 \div 24$ °С. Минимальные температуры воздуха зимой достигают $-20 \div -32$ °С, а абсолютный минимум в отдельные зимы достигает $-51 \div -54$ °С. Абсолютная максимальная температура воздуха достигает $35 \div 45$ °С. Теплый период со средней суточной температурой выше 0 °С на северо-востоке области длится меньше 200 дней (горные, полупустынные и пустынные районы).

Основные климатические характеристики метеорологической станции Семиярка представлены в таблице (Таблица 2).

Таблица 2. Основные климатические характеристики метеорологической станции п. Семиярка

п/п	Параметры	Значения
1	Среднегодовое количество осадков	214 мм
2	Максимальное количество осадков в сутки	58,5 мм
3	Среднее количество дней с дождем в году	88 дней в году
4	Среднегодовая высота снежного покрова	54 см
5	Период снегопада	октябрь – апрель

п/п	Параметры	Значения
6	Среднегодовое количество дней с твердыми осадками	66 дней
7	Среднегодовое количество дней с жидкими осадками	132 дней
8	Средняя относительная влажность воздуха	64%
9	Среднее количество ясных дней	28 дней
10	Преобладающее направление ветра	юго-восточное
11	Абсолютная максимальная скорость ветра	40 м/с
12	Абсолютная максимальная температура воздуха	42,0 °С
13	Максимальная среднесуточная температура воздуха	32,0 °С
14	Среднегодовая температура воздуха	4,3 °С
15	Минимальная среднесуточная температура воздуха	-42,9 °С
16	Абсолютная минимальная температура воздуха	-45,6 °С

Распределение годового количества осадкой неравномерно. Наименьшее количество осадков выпадает в районах межгорных впадин – менее 200 мм в год, в горных и предгорных районах – 400–650 мм в год. Осадки теплого периода (IV-X) преобладают над осадками холодного (XII-III). Это является характерным признаком континентальной области. Максимум осадков на большей части территории приходится на лето, чаще всего на вторую половину.

Средняя многолетняя месячная температура воздуха и количество осадков на метеорологических станциях Семиярка представлены в таблице (Таблица 3).

Таблица 3. Средняя многолетняя месячная температура воздуха и количество осадков на метеорологической станции Семиярка

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура, °С	-16,1	-14,8	-6,1	7,1	14,9	20,9	22,5	20,2	13,4	5,5	-4,7	-11,6	4,3
Осадки, мм	9,4	9,5	12,9	13,1	20,5	32,1	36,7	19,7	12,4	17,1	17,5	12,6	213,5

Средние скорости ветра равны 2-5 м/с. Однако в отдельных районах области сильные ветры (15 м/с и больше) не являются исключением. В среднем за год на большей части территории области преобладают ветры юго-восточных и южных направлений, в южной части – восточные и северо-восточные.

1.3.2 Характеристика водных ресурсов

1.3.2.1 Водные объекты

Исходным источником информации для идентификации поверхностных водных объектов, определении их количества и месторасположения послужила топографическая карта М-44-В масштаба 1:500000.

В целом территория расположения обследуемого земельного участка относится к зоне недостаточного увлажнения с относительно малым количеством атмосферных осадков и совершенно бедной поверхностными водами. Гидрографическая сеть представлена небольшим количеством малых озер и безымянных ручьев.

Озера представляют собой мелкие, блюдцеобразные котловины, заполненные горько-соленой водой. Берега и днища их покрыты вязким илистым материалом. Относятся они к малым озерам, площадью до 4 км². Питание озер происходит за счет атмосферных осадков и стока талых снеговых вод с небольших местных бассейнов. Доля грунтового стока в питании озер, как правило, мала, а иногда совершенно отсутствует. В засушливое время большинство озер высыхает, образуя замкнутые сухие впадины, покрытые белыми корочками солонцов и солей или травянистые понижения. На поверхности озерных впадин повсеместно развиты солонцы и солончаки хлоридно-сульфатного типа [6, 7].

Ручьи имеют временные водотоки, связанные с весенними паводками и периодами обильного выпадения дождей. Руслу ручьев, как правило, имеют небольшую протяженность. Извилистость ручьев умеренная. В период летней межени происходит полное прекращение их поверхностного стока.

На обследуемой территории распространены воды пестрой минерализации, среди которых преобладают соленые до рассолов. Большая часть поверхностных вод относится к хлоридно-сульфатному и сульфатно-хлоридному типу различного катионного состава [7].

1.3.2.2 Гидрогеология

В районе расположения железнодорожного пути выделяются два гидрогеологических комплекса, нередко связанных между собой, мощностью до 100-150 м. К первому комплексу относятся воды, залегающие в локальных гидрогеологических бассейнах. Вмещающие породы представлены рыхлыми образованиями от неогенового до современного возраста. Второй комплекс входит в состав региональной гидрогеологической системы. К нему относятся трещинные воды палеозойского фундамента, воды мезозойской коры выветривания и воды палеогеновых отложений. К локальным гидрогеологическим бассейнам, в которых воды залегают на незначительных глубинах (до 50 м), приурочены:

Поровые воды делювиально-пролювиальных отложений среднечетвертичного-современного возраста (Q_{II-IV}) безнапорные, залегают на глубинах более 1,5 м, получая преимущественное развитие в песчано-гравийных отложениях. По составу воды являются сульфатно-хлоридными, реже хлоридными с повышенной жесткостью. Общая минерализация колеблется в широких пределах от 0,4 до 4 г/дм³. Высокоминерализованные воды наиболее часто встречаются в замкнутых водосборных бассейнах.

Поровые воды верхнечетвертичных-современных (Q_{III-IV}) аллювиально-пролювиальных отложений, представленных песками и гравием, распространены на левобережье р. Шаган. Воды безнапорные, залегают на глубине 1-5 м, редко глубже. По составу воды преимущественно сульфатно-хлоридные, реже хлоридные. Общая минерализация до 9,7 г/дм³.

Подземные воды, приуроченные к региональному бассейну, подразделяются на три типа. Воды палеогеновых отложений, воды мезозойской коры выветривания и собственно трещинные воды палеозойского фундамента. Обычно они взаимосвязаны и образуют единую гидросистему.

Собственно трещинные воды сосредоточены в зоне экзогенной трещиноватости и в зависимости от геолого-структурных условий залегают на разных глубинах от 4 до 70 м. Подошва трещинных вод находится на глубинах 150-170 м. Мощность водоносного горизонта зависит от глубины развития зоны экзогенного выветривания, на участках, сопряженных с разрывными нарушениями, возрастает. Область питания приурочена к мелкосопочнику и «эрозионным» окнам, развитым на участках выклинивания относительных водоупоров. Трещинные воды подразделяются на воды, залегающие в интрузивных образованиях, в терригенных осадочных породах и в эффузивно-осадочных комплексах.

На территории расположения железнодорожного пути распространены в основном подземные воды спорадического распространения нерасчлененных четвертичных делювиально-пролювиальных отложений (Q_{II-III}), в южной части участка распространены воды спорадического распространения верхнечетвертичных-современных отложений разного генезиса (Q), а также имеют незначительное распространение пластово-трещинные воды юрских отложений (Рисунок 4).

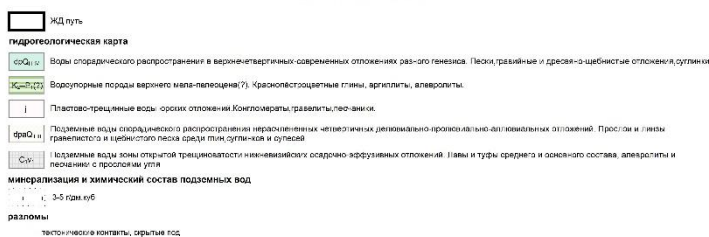
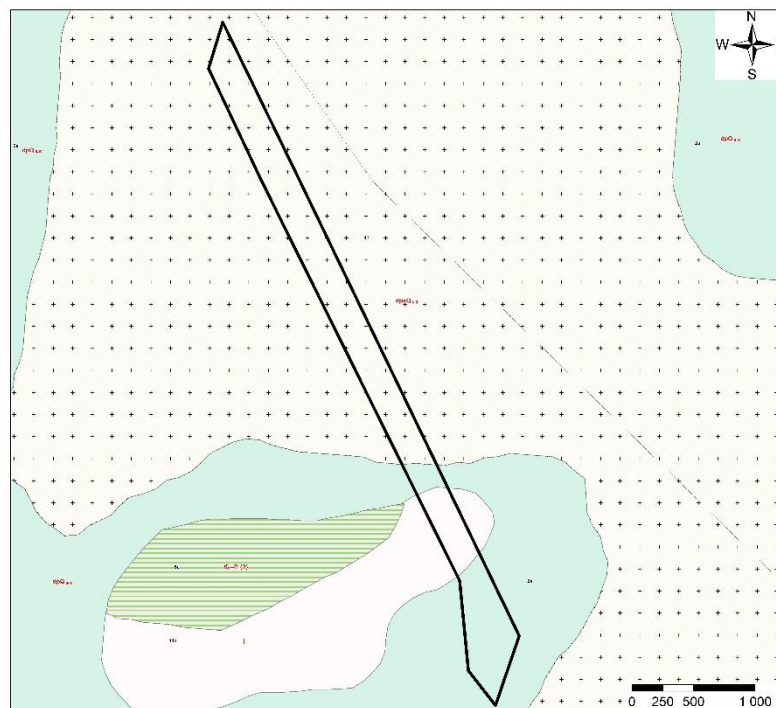


Рисунок 4. Гидрогеологическая карта района обследования

Вмещающими породами являются гравелистые и щебенистые пески, гравелиты и песчаники [5, 8, 9, 10].

1.3.3 Земельные ресурсы и почвы

Большая часть участка представлена светло-каштановыми солонцеватыми суглинистыми почвами (Рисунок 5) в комплексе с солонцами степными. Почвообразующими породами являются различные по генезису и метологическому составу образования. Светло-каштановые почвы характеризуются монотонным светло-каштановым, бурющим с глубиной гумусовым горизонтом небольшой мощности, до 35 см, с содержанием органического вещества в нем до 2 – 2,5 %, его комковатой, грубеющей книзу структурой. Карбонатный горизонт залегает, преимущественно, высоко; карбонаты встречаются в виде мелкой белоглазки или корочек на щебне, как правило, в нижней части гумусового горизонта или ниже его. Под карбонатным горизонтом отмечаются скопления кристаллического гипса. В почвенном профиле отсутствуют морфологические признаки какого-либо дополнительного увлажнения поверхностными или грунтовыми водами. Исследуемая территория расположена на межсопочной равнине. Следовательно, почвы этих участков имеют мелкосуглинистый механический состав и отличаются повышенным содержанием скелетных частиц по всему профилю. Среди подтипа светло-каштановых почв встречаются карбонатные, солонцеватые и малоразвитые роды почв. В южной части участка отмечаются легкосуглинистые почвы в комплексе с солонцами степными (Рисунок 5).

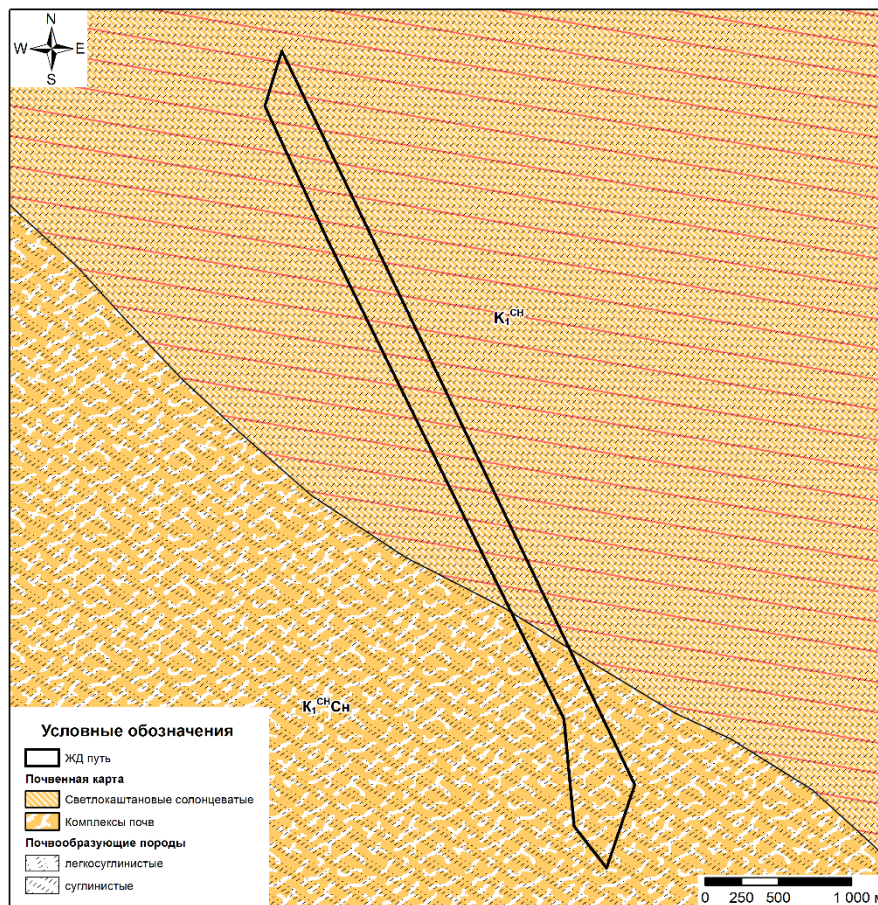


Рисунок 5. Почвенная карта участка

1.3.4 Геологическая среда и недра

В региональном геолого-структурном плане район обследуемого участка располагается на северо-западном фланге Жарма-Саурского синклинория, выделяемого в пограничной зоне Иртыш-Зайсанской и Чингиз-Тарбагатайской складчатых систем. Согласно комплексной геолого-гидрогеологической съёмки в масштабе 1:200000 листов М-44-ХІІІ, ХІХ и геологического доизучения в масштабе 1:200000 листа М-44-ХІХ в геологическом строении района принимают участие породы, образующие два структурных этажа – палеозойский и мезокайнозойский.

Четвертичная система.

К данным отложениям отнесены аллювиальные и делювиально-пролювиальные отложения (Q_{II-III}), которые распространены в виде неравномерного по мощности чехла и занимают самый большой объем в территориальном отношении. В разрезе преобладают галечники, пески, супеси, суглинки, глины. Мощность отложений в среднем 15-20 м и колеблется от первых метров до 30 м. (Рисунок 6).

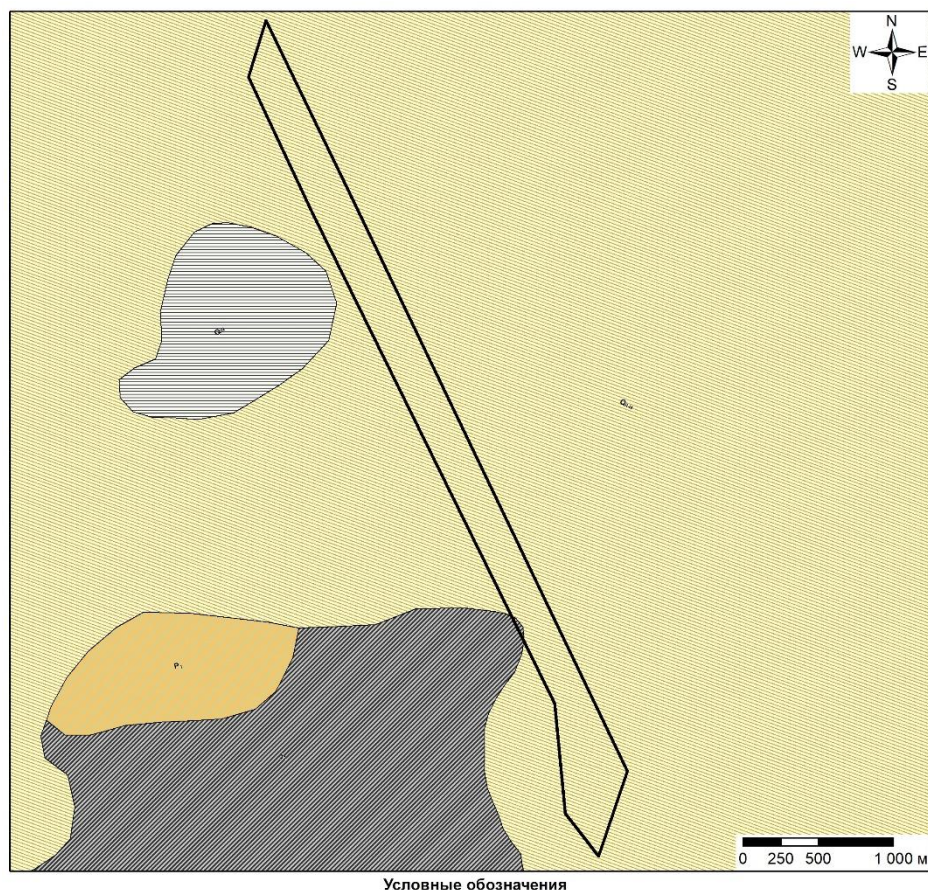


Рисунок 6. Геологическая карта района обследования

Полезных ископаемых на данном участке не обнаружено [5, 8, 9, 10].

1.3.5 Растительный мир (флора)

Экосистемы исследуемой территории характеризуются преобладанием равнинного рельефа, который является основным элементом ландшафта и экосистем.

Разнообразие экосистем территории обследования, ее видового и ценогического состава связано с дифференциацией экологических условий произрастания растительности.

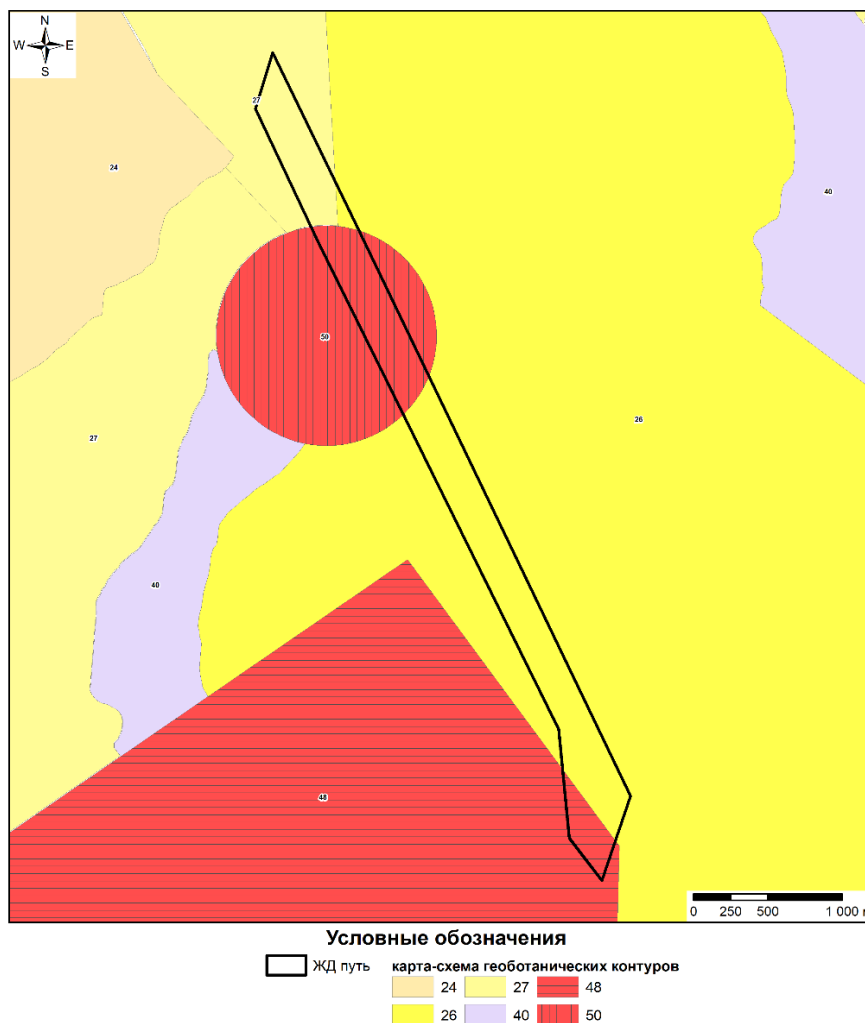
Исследуемая территория – земельный участок, прилегающий к угольному месторождению Каражыра площадью 159,06 га.

На исследуемой территории представлен степной тип растительности. К нему относятся сообщества с доминированием микротермных, евксерофитных дерновинных злаков из родов (*Stipa*, *Festuca*, *Koeleria*, *Helictotrichon*). Основными доминантами, определяющими состав степного типа растительности в пределах территории обследования, являются ковыли (*Stipa sareptana*, *S. capillata*, иногда *S. lessingiana*). Другие доминанты – типчак (*Festuca valesiaca*), полыни (*Artemisia sublessingiana*, *A. gracilescens*, *A. Frigida*).

Распространены солонцы степные автоморфные в комплексе со светло-каштановыми почвами. Ряд сообществ: однолетнесолянковых (*Salicornia europaea*, *Suaeda prostrata*, *Suaeda heterophylla*); приморскопородожниковых (*Plantago maritima*); галофитно-разнотравных (*Plantago salsa*, *Saussurea salsa*, *Rumex marschallianus*, *Glax maritima*, *Limonium gmelinii*); галофитнозлаковых (*Aeluropus litoralis*, *Puccinellia dolicholepis*, *Leymus paboanus*); галофитнополынных (*Artemisia schrenkiana*, *A. nitrosa*); галофитнополукустарничковых

(*Halimione verrucifera*, *Camphorosma monspeliaca*, *Limonium suffruticosum*); галофитнокустарниковых (*Atriplex cana*, *Suaeda physophora*, *Nitraria sibirica*, *Tamarix hispida*) на солончаковатых и солонцеватых почвах.

На территории выделено несколько почвенно-растительных экосистем (Рисунок 7). Карта экосистем создана с использованием топографической основы и космических снимков, условные обозначения приведены в таблице (Таблица 4). Карта экосистем является инвентаризационной, на основе которой могут разрабатываться другие типы картографических произведений.



26, 27 – экосистемы делювиально-пролювиальных равнин; 48, 50 – антропогеннопроизводные экосистемы.

Рисунок 7. Схематическая карта распределения растительных экосистем

Экосистемы делювиально-пролювиальных равнин. Растительный покров, в основном, представлен зональной ксерофитно-разнотравно-дерновиннозлаковой степью (*Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*, *Galatella tatarica*, *Ephedra distachya*). Встречаются сообщества холоднопыльнично-типчаково-тырсовых (*Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*, *Galatella tatarica*, *Ephedra distachya*) на светло-каштановых сильно щебнистых почвах; холоднопыльнично-тырсиково-типчаковых (*Festuca valesiaca*, *Stipa sareptana*, *Artemisia frigida*) на светло-каштановых нормальных почвах.

Антропогеннопроизводные экосистемы. Антропогеннопроизводные экосистемы на обследуемой территории представлены сочетанием ряда проценозов участках с разрушенными инженерными сооружениями: на отвалах – единичные растения и открытые группировки с доминированием *Artemisia sieversiana*, *A. scoparia*, *Ephedra distachya*, *Veronica incana*, *Heteropappus altaicus*, несформировавшиеся группировки с доминированием *Chondrilla laticoronata*, *Chamaerodes erecta*, *Artemisia esieversiana*, *Cleistogenes squarrosa*, разреженные

группировки с доминированием *Stipa kirghisorum*, *Artemisia sieversiana*, *Festuca valesiaca*, *Ancanthia igniaria*.

Таблица 4. Обозначения геоботанических контуров

№ выдела	Соотношение цветов RGB			СОДЕРЖАНИЕ ВЫДЕЛОВ
ЭКОСИСТЕМЫ ДЕЛЮВИАЛЬНО-ПРОЛЮВИАЛЬНЫХ РАВНИН				
26	255	255	0	<p>Группы сообществ: разнопопынно-типчаково-тырсовых (<i>Stipa capillata</i>, <i>S. korshinskyi</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia frigida</i>, <i>A. sublessingiana</i>, <i>Galatella tatarica</i>, <i>Ephedra distachya</i>); спирейно-ковылково-типчково-сублессингиановопольных (<i>Artemisia sublessingiana</i>, <i>Festuca valesiavca</i>, <i>Stipa lessingiana</i>, <i>S. sareptana</i>, <i>Spiraea hypericifolia</i>, <i>Ephedra distachya</i>, <i>Koeleria cristata</i>) на светлокаштановых щебенных почвах; ломкоколосниково-тонковатопольных с черной полынью (<i>Artemisia gracilescens</i>, <i>Psathyrostachys juncea</i>, <i>A. pauciflora</i>, <i>Leymus paboanus</i>, <i>Koeleria cristata</i>) в сочетании с:</p> <p>а) люцерново-типчаковыми (<i>Festuca valesiaca</i>, <i>Medicago bifurca</i>),</p> <p>б) разнотравно-житняковыми (<i>Agropyron cristatum</i>, <i>Potentilla impollita</i>, <i>Galium ruthenicum</i>),</p> <p>в) солодково-волоснецовыми (<i>Leymus angustus</i>, <i>Glycyrrhiza uralensis</i>) по межсочным понижениям лугово-степным и проценозы с доминированием <i>Artemisia sublessingiana</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Kochia prostrata</i>, <i>Bassia sedoides</i>, <i>Gypsophila perfoliata</i> на нарушенных участках</p>
27	255	251	105	<p>Группа сообществ: холоднопопынно-типчаково-тырсовых (<i>Stipa sareptana</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia frigida</i>); сублессингиановопольно-типчаково-тырсовых (<i>Stipa sareptana</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia sublessingiana</i>), типчаково-ковылково-тырсово-разнопопынных (<i>Artemisia marschalliana</i>, <i>A. sublessingiana</i>, <i>Stipa sareptana</i>, <i>S. lessingiana</i>, <i>Festuca valesiaca</i>) на светлокаштановых щебенных почвах плакорных участков, в комплексе с микропоясным экологическим рядом сообществ: тростниковых (<i>Phragmites australis</i>), бескильничевых (<i>Puccinellia distans</i>), солодково-волоснецовое (<i>Leymus multicaulis</i>, <i>Glycyrrhiza uralensis</i>), чиевых (<i>Achnatherum splendens</i>), галмионовых (<i>Halimione verrucifera</i>), камфоросмовых (<i>Camphorosma monspeliaca</i>), копеевых (<i>Atriplex cana</i>), чернопопынных (<i>Artemisia pauciflora</i>) по западинам и проценозы с доминированием <i>Artemisia scoparia</i>, <i>A. sieversiana</i>, <i>Petrosimonia sibirica</i>, <i>Dodartia orientalis</i>, <i>Ceratocarpus arenarius</i> на нарушенных участках.</p>
АНТРОПОГЕННОПРОИЗВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ				
48				<p>Сочетание рядов проценозов на участках с разрушенными инженерными сооружениями:</p> <p>на отвалах – единичные растения и открытые группировки с доминированием <i>Artemisia sieversiana</i>, <i>A. scoparia</i>, <i>Ephedra distachya</i>, <i>Veronica incana</i>, <i>Heteropappus altaicus</i> → несформировавшиеся группировки с доминированием <i>Chondrilla laticoronata</i>, <i>Chamaerodes erecta</i>, <i>Artemisia sieversiana</i>, <i>Cleistogenes squarrosa</i>, → разреженные группировки с доминированием <i>Stipa kirghisorum</i>, <i>Artemisia sieversiana</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Ancanthia igniaria</i>;</p> <p>в воронках и траншеях – единичные растения и несформировавшиеся группировки с доминированием <i>Artemisia scoparia</i>, <i>Kochia scoparia</i>, <i>Heteropappus altaicus</i> → группировки с доминированием <i>Senecio erucifolius</i>, <i>Medicago falcata</i>, <i>Gypsophila paniculata</i> → группировки с доминированием <i>Leymus ramosus</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Agropyron cristatum</i>, <i>Calamagrostis epigeios</i>, <i>Potentilla bifurca</i>, <i>Galium ruthenicum</i>, иногда с участием <i>Tamarix ramosissima</i>;</p> <p>на прилегающих участках – разреженные группировки с доминированием <i>Artemisia scoparia</i>, <i>A. austriaca</i>, <i>Kochia scoparia</i>, <i>Psathyrostachys juncea</i> → эбелеково-терескеново-попынные (<i>Ceratoides papposa</i>, <i>Artemisia austriaca</i>, <i>A. marschalliana</i>, <i>Ceratocarpus arenarius</i>) → злаково-разнотравно-попынные (<i>A. frigida</i>, <i>A. marschalliana</i>, <i>Galatella angustissima</i>, <i>Centaurea scabiosa</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Stipa capillata</i>, <i>S. sareptana</i>) → попынно-типчаково-тырсово-тырсово (<i>Stipa sareptana</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia frigida</i>, <i>A. marschalliana</i>)</p>

№ выде ла	Соотношение цветов RGB			СОДЕРЖАНИЕ ВЫДЕЛОВ
50				Ряд демутиации на светло-каштановых защепенных почвах равнин: проценозы с участием <i>Artemisia scoparia</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>Kochia sieversiana</i> , <i>Heteropappus altaicus</i> , <i>Centaurea scabiosa</i> , <i>Chondrilla laticoronata</i> , <i>Psathyrostachis juncea</i> , <i>Lepidium latifolium</i> → эфедрово-типчачково-полынные (<i>Ephedra distachya</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>A. austriaca</i>) группировки → дерновиннозлаково-полынные (<i>Artemisia frigida</i> , <i>A. marschalliana</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Stipa capillata</i> , <i>S. sareptana</i>) группировки → полынно-типчачково-ковыльные (<i>Stipa capillata</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>A. marschalliana</i>) с участием <i>Galium ruthenicum</i> , <i>Dianthus rigidus</i> , <i>Sesile ledobouri</i> , <i>Phlomis tuberosa</i> .

1.3.6 Животный мир (фауна)

Фауна позвоночных и беспозвоночных животных исследуемой территории весьма разнообразна. Это связано с низким антропогенным фактором, заповедным режимом, наличием обильной стабильной кормовой базы и значительных по площади угодий, благоприятных для обитания и размножения различных видов животных.

Детальные сезонные исследования по сравнительной оценке видового разнообразия фаунистических комплексов на территории СИП [11, 12; 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23], а также анализ литературных материалов позволили установить, что фауна позвоночных животных исследуемой территории СИП состоит из 199 видов, в том числе птиц – 147, млекопитающих – 45, пресмыкающихся – 7. В красные книги Международного союза охраны природы и Казахстана внесены 14 видов.

Необходимо отметить, что наличие целого ряда видов животных на данной территории нужно рассматривать как вероятное, исходящее из имеющихся в литературе данных по ареалам распространения и точек их обнаружения в более ранние сроки.

Класс Пресмыкающиеся

Пресмыкающиеся на территории СИП представлены 7-ю видами (из имеющихся в Казахстане 49 видов). Наиболее многочисленны – представители подотряда ящериц: разноцветная ящурка и прыткая ящерица, плотность заселения которых может достигать значительных величин. Подотряд змей представлен 4-мя видами, самый распространенный и массовый из них – узорчатый полоз, остальные 3 довольно редки и малочисленны.

Класс Птицы

Орнитофауна исследуемой территории СИП чрезвычайно многообразна, здесь встречаются 111 видов птиц из 13 отрядов (всего в Казахстане 488 видов птиц). Непосредственно на участке обследования и в его окрестностях фиксируются в основном мелкие воробьиные птицы – 51 вид. На прилегающих к участку обследования территориях фиксируются представители отряда дневных хищников (соколообразных) – 19 видов и редких и охраняемых птиц. В Красную книгу Казахстана занесено 14 видов [11, 15, 24, 25, 26], однако непосредственно на участке обследования данные виды не зафиксированы.

Класс Млекопитающие

Из 178 видов млекопитающих, обитающих на территории Казахстана, в исследуемом регионе СИП встречается 45 видов из 6 отрядов. Большинство видов принадлежит отряду грызунов.

1.4 СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СРЕДА

Обследуемая территория расположена в пределах территории бывшего СИП и классифицируется, в соответствии с целевым назначением, как земли запаса. В соответствии с Земельным кодексом РК, землями запаса являются все земли, не предоставленные в собственность или землепользование, находящиеся в ведении районных исполнительных

органов [27]. Следовательно, проживание на землях запаса и ведение хозяйственной деятельности не предусмотрено.

С момента закрытия полигона его земли стали активно использоваться для ведения промышленной, добывающей, транспортной и научной деятельности.

Для того, чтобы осуществлять любую деятельность на территориях бывших испытательных ядерных полигонов и других территориях, загрязненных в результате проведенных ядерных испытаний, необходимо получить лицензию, согласно законам Республики Казахстан «Об использовании атомной энергии» и «О разрешениях и уведомлениях» [28, 29]. Вместе с тем, в соответствии с п.3 ст. 143 Земельного кодекса Республики Казахстан, земельные участки, на которых проводились испытания ядерного оружия, могут быть предоставлены Правительством Республики Казахстан в собственность или землепользование только после завершения всех мероприятий по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия и комплексного экологического обследования, при наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы [27].

С целью обеспечения лицензионных требований и радиационной безопасности, при проведении хозяйственной деятельности на полигоне, проводятся радиационный контроль и мониторинг. В зависимости от специфики деятельности предприятий, а также с учетом потенциальных источников радиоактивного загрязнения, разрабатывается специальная программа радиационного контроля и мониторинга для определения контролируемых параметров, объемов полевых работ, лабораторных анализов и периодичности мониторинга. В настоящее время санкционированная хозяйственная деятельность на территории полигона ведется различными компаниями, согласно лицензиям выданным уполномоченным органом.

1.5 ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

Объектами историко-культурного наследия являются недвижимые объекты со связанными с ними произведениями живописи, скульптуры, прикладного искусства, науки, техники и иными предметами материальной культуры, возникшими в результате исторических процессов и событий, представляющих собой интерес с точки зрения истории, археологии, архитектуры, градостроительства, искусства, науки, техники, эстетики, этнологии, антропологии, социальной культуры [30].

Согласно Постановлению акимата области Абай от 20 марта 2023 года № 58 «Об утверждении Государственного списка памятников истории и культуры местного значения» и ответа на запрос, за подписью руководителя аппарата Акимата района Жаңасемей области Абай, памятники истории и культуры государственного и местного значения на обследуемом земельном участке отсутствуют [31, 32].

1.6 НАЛИЧИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

К землям особо охраняемых природных территорий относятся земли государственных природных заповедников, государственных национальных парков, государственных природных резерватов, государственных региональных природных парков, государственных зоологических парков, государственных ботанических садов, государственных дендрологических парков и государственных памятников природы [33, 34].

Согласно Постановлению Правительства Республики Казахстан от 26 сентября 2017 года № 593 «Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий республиканского значения» и ответу на запрос, за подписью руководителя аппарата акимата района Жаңасемей области Абай, на обследуемом земельном участке особо охраняемые территории отсутствуют [31, 35].

2. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

2.1 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Обследование радиационного состояния почвенного покрова выполнялось с целью выявления участков с повышенным содержанием техногенных радионуклидов в почвенном покрове и установления масштабов и границ радиоактивного загрязнения местности в районе обследования.

Радиационное состояние почвенного покрова оценивалось по содержанию в нем радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr [2].

При оценке радиационного состояния почвенного покрова определялось содержание радионуклидов в его верхнем слое, а также вертикальное распределение радионуклидов по глубине почвенного профиля.

Отбор проб почвы проводился в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 17.4.3.01-2017 [36].

Глубина верхнего слоя почвенного покрова составляла 5 см.

Глубина почвенного профиля, в котором выполнялось определение вертикального распределения радионуклидов, составляла не менее 30 см.

2.1.1 Определение удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова

Для определения удельной активности радионуклидов на территории участка произведен отбор проб верхнего слоя почвы по схеме, показанной на рисунке (Рисунок 8).

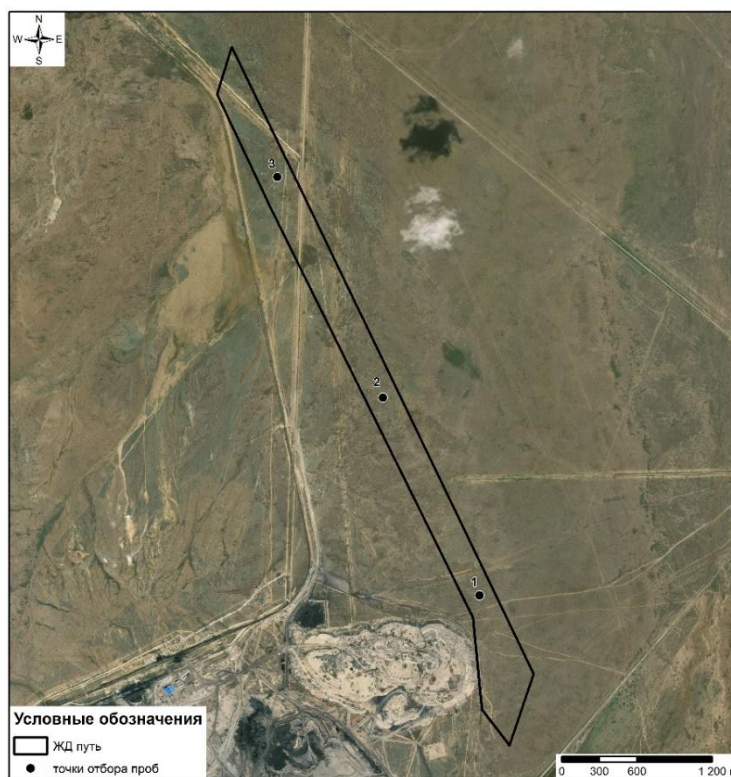


Рисунок 8. Схема расположения точек отбора проб почвы для определения удельной активности радионуклидов

Точки отбора проб почвы были распределены равномерно по обследуемому земельному участку. Всего было отобрано 3 пробы почвы.

2.1.1.1. Определение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr

Определение удельной активности ^{137}Cs и ^{241}Am в верхнем слое почвенного покрова выполнялось в соответствии с методикой измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine» [37], $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr – в соответствии с методикой определения удельной активности искусственных радионуклидов в объектах окружающей среды [38].

Результаты определения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr представлены в таблице (Таблица 5).

Таблица 5. Результаты лабораторных анализов проб почвы (0-5 см)

Точка отбора	Дата отбора	Географические координаты		Удельная активность, Бк/кг			
		широта	долгота	^{137}Cs	^{241}Am	$^{239+240}\text{Pu}$	^{90}Sr
1	06.11.2025 г.	50°2'30,1''	78°45'27,0''	19±4	4,6±1,1	28±6	5,5±1,2
2	06.11.2025 г.	50°2'20,4''	78°44'45,9''	5,9±1,2	<1,0	9±3	4,4±1,2
3	06.11.2025 г.	50°4'16,6''	78°44'0,9''	22±5	5,3±1,2	34±4	3,4±1,4

По результатам лабораторных анализов (Таблица 5), удельная активность ^{137}Cs в почве варьирует от 5,9±1,2 до 22±5 Бк/кг, ^{241}Am – от нижнего предела обнаружения (<1,0 Бк/кг) до 5,3±1,2 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от 9±3 до 34±4 Бк/кг и ^{90}Sr – от 3,4±1,4 до 5,5±1,2 Бк/кг. По полученным данным построены карты распределения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr на обследуемом участке (Рисунок 9 – Рисунок 12).

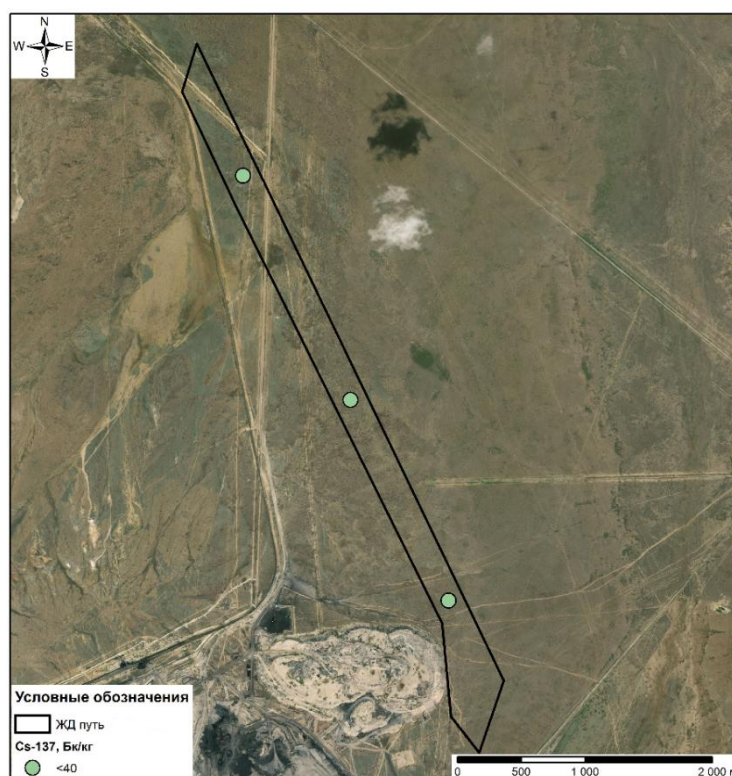


Рисунок 9. Карта распределения удельной активности ^{137}Cs

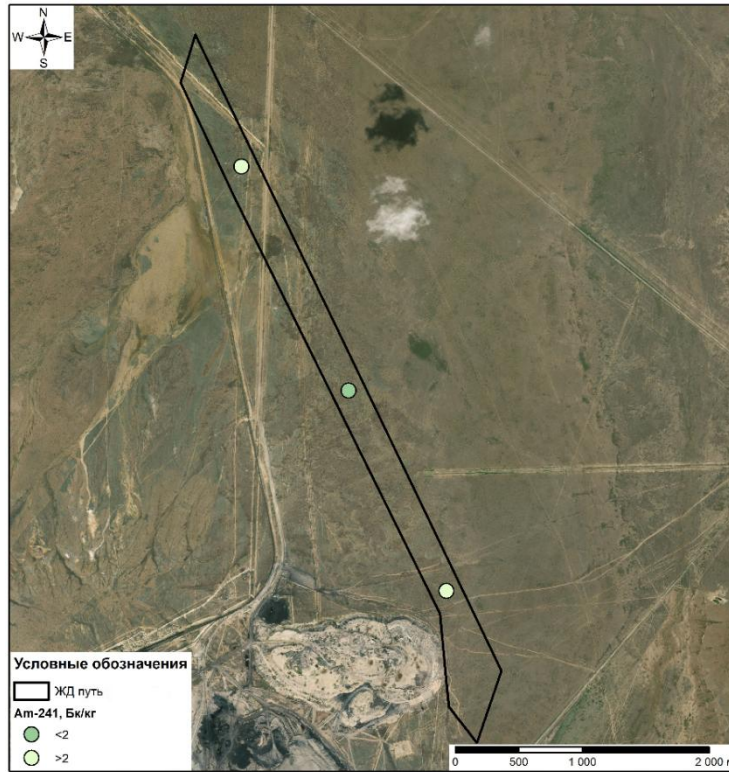


Рисунок 10. Карта распределения удельной активности ^{241}Am

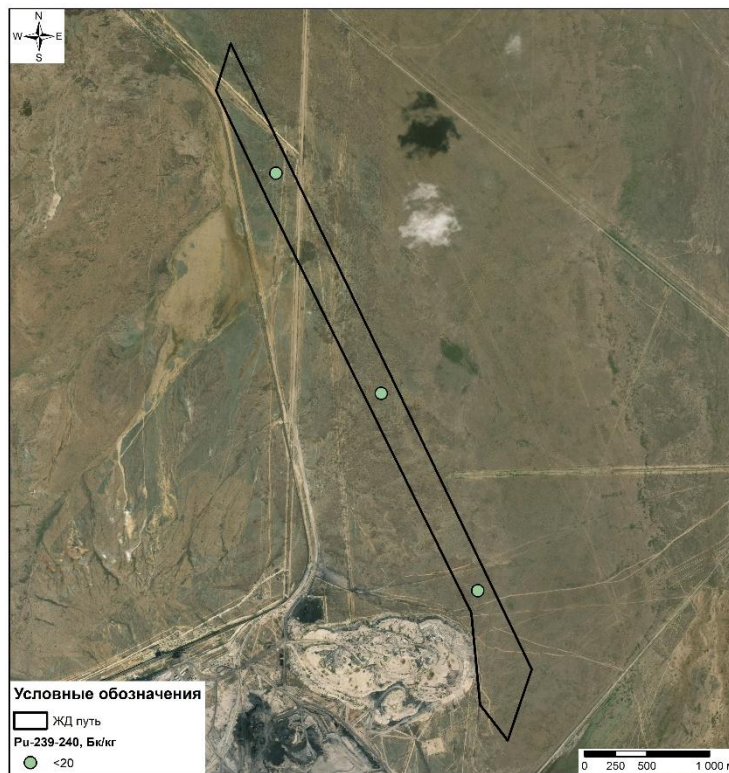


Рисунок 11. Карта распределения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$

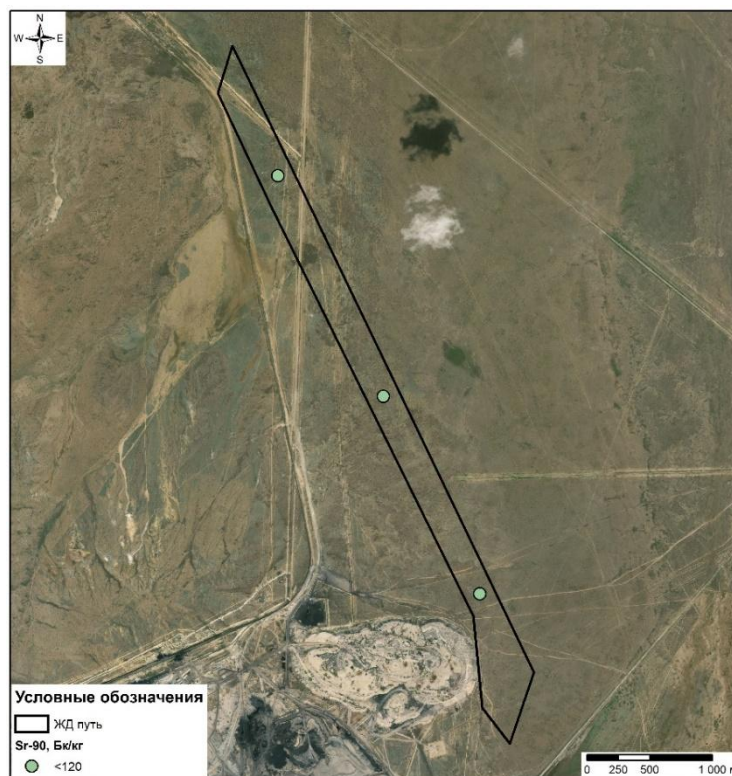


Рисунок 12. Карта распределения удельной активности ^{90}Sr

По результатам определения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr (Таблица 5, Рисунок 9 – Рисунок 12) установлено, что во всех точках обследования содержание данных радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова не превышает значений минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (^{137}Cs – 10000 Бк/кг, ^{241}Am – 1000 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – 1000 Бк/кг и ^{90}Sr – 100000 Бк/кг), установленных в Гигиенических нормативах для данных радионуклидов [39].

Выводы по подразделу «Определение удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова»

По результатам определения удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова установлено, что содержание ^{137}Cs в почве варьирует от $5,9 \pm 1,2$ до 22 ± 5 Бк/кг, ^{241}Am – от нижнего предела обнаружения ($<1,0$ Бк/кг) до $5,3 \pm 1,2$ Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от 9 ± 3 до 34 ± 4 Бк/кг и ^{90}Sr – от $3,4 \pm 1,4$ до $5,5 \pm 1,2$ Бк/кг. Превышение значения минимально значимой удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr в обследованных точках не зарегистрировано (^{137}Cs – 10000 Бк/кг, ^{241}Am – 1000 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ 1000 Бк/кг и ^{90}Sr – 100000 Бк/кг), согласно Гигиеническим нормативам [39].

2.1.2 Определение удельной активности радионуклидов по глубине почвенного профиля

Выполнено определение вертикального распределения радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в почвенном профиле на глубину 30 см.

Для оценки радиационного состояния почвы по глубине почвенного профиля на территории земельного участка, прилегающего к угольному месторождению «Каражыра» площадью 159,06 га выбрана 1 точка. Схема расположения точки отбора проб почвы представлена на рисунке (Рисунок 13).

Отбор проб почвы проводился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017 [36].

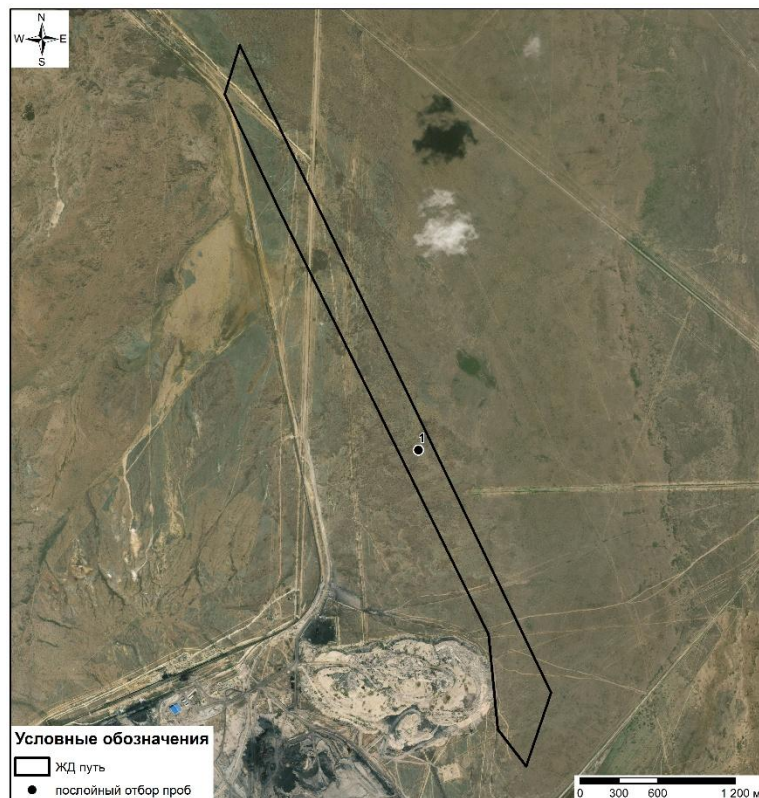


Рисунок 13. Схема расположения точек для определения содержания техногенных радионуклидов по глубине почвенного профиля

Определение удельной активности радионуклидов в пробах почвы выполнялось в соответствии с методиками [37, 38]. Значения удельной активности радионуклидов представлены в таблице (Таблица 6).

Таблица 6. Удельная активность радионуклидов по глубине почвенного профиля

№ точки отбора	Глубина отбора, см	Удельная активность радионуклидов в почве, Бк/кг			
		^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
1	0-5	$1,4 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,9$	$14,0 \pm 2,1$	11 ± 3
	5-10	$< 1,6$	$< 0,6$	$8,6 \pm 1,4$	$< 0,4$
	10-15	$< 0,1$	$< 0,3$	$2,1 \pm 1,0$	$< 0,2$
	15-20	$< 0,7$	$< 0,2$	$< 1,3$	$< 0,2$
	20-25	$< 0,2$	$< 0,3$	$< 1,5$	$< 0,3$
	25-30	$< 1,2$	$< 0,2$	$< 1,6$	$< 0,6$

По полученным данным построены гистограммы распределения радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ по глубине почвенного профиля (Рисунок 14).

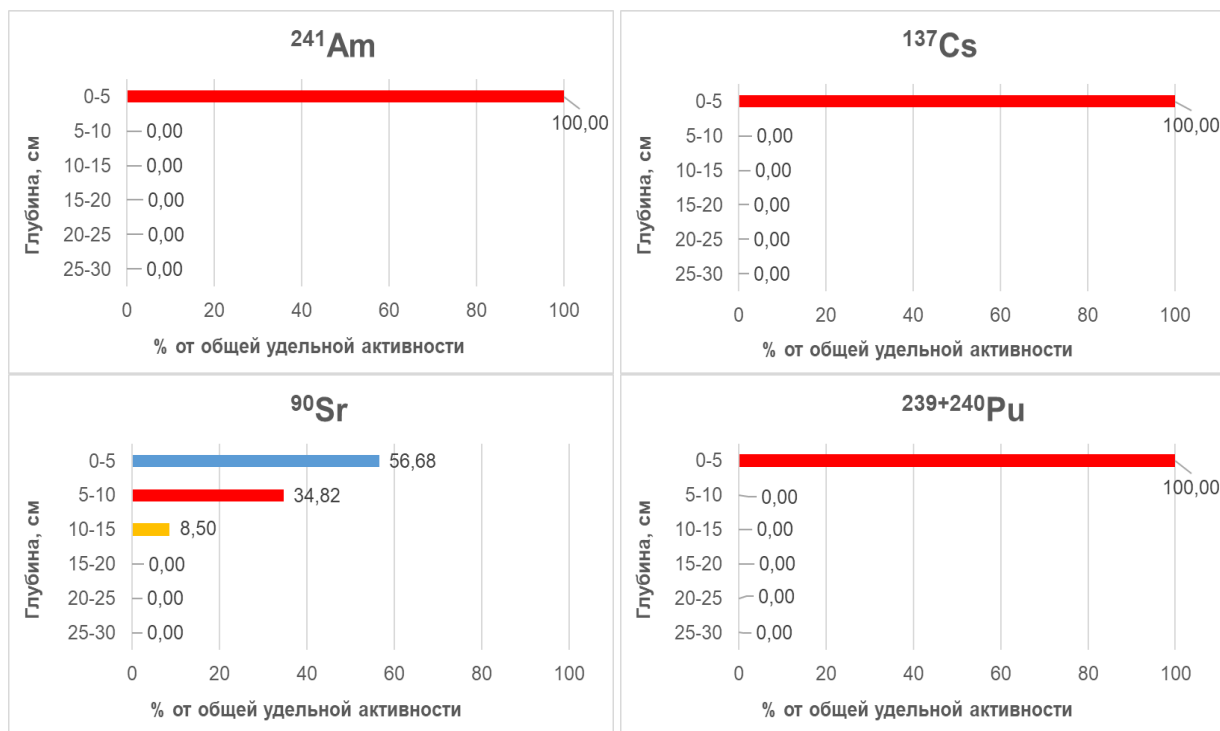


Рисунок 14. Распределение радионуклидов ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu по глубине почвенного профиля

В результате обследования распределения радионуклидов по глубине почвенного профиля (Рисунок 14) установлено, что основная доля радионуклидов содержится в слое почвы 0-15 см и составляет для ²⁴¹Am – 100%, ¹³⁷Cs – 100%, ⁹⁰Sr – 100% и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 100%. Минимальное содержание радионуклидов наблюдается на глубине 25-30 см и составляет для ²⁴¹Am – 0%, ¹³⁷Cs – 0%, ⁹⁰Sr – 0% и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 0%.

Выводы по разделу «Определение содержания радионуклидов по глубине почвенного профиля»

Таким образом, по результатам оценки радиационного состояния почвы по глубине почвенного профиля установлено, что основная доля радионуклидов ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu зафиксирована в пахотном слое почвы 0-20 см, в котором сосредоточена основная часть корней культурных растений. Максимальная концентрация радионуклидов наблюдается в верхнем слое почвы (до 5 см) данного участка, минимальная концентрация радионуклидов – на глубине 20-30 см.

2.1.3 Определение площадной активности радионуклидов

По результатам определения вертикального распределения радионуклидов ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в почвенном профиле (0-30 см) для каждого слоя почвы определялась абсолютная активность данных радионуклидов по формуле:

$$A_{i,j} = A_{mi,j} \times \frac{P}{1000} \times S \times h, \quad (1)$$

где:

$A_{i,j}$ – активность i -го радионуклида в j -ом слое почвы, Бк;

$A_{mi,j}$ – удельная активность i -го радионуклида в j -ом слое почвы, Бк/кг;

P – плотность почвы, кг/дм³;

1000 – коэффициент перевода значения плотности почвы из кг/дм³ на кг/см³;

S – площадь, с которой отобрана проба почвы, см²;

h – высота слоя почвы, см.

Затем для каждого определяемого радионуклида рассчитывалась суммарная активность по формуле:

$$A_i = \sum A_{i,j}, \quad (2)$$

где:

A_i – суммарная активность i -го радионуклида по всей глубине его распространения в почвенном покрове, Бк;

$A_{i,j}$ – активность i -го радионуклида в j -ом слое почвы, Бк.

Значения удельной активности радионуклидов представлены в таблице (Таблица 7).

Таблица 7. Суммарная активность радионуклидов по глубине почвенного покрова

№ точки	Суммарная удельная активность по глубине почвенного покрова, Бк/кг				Суммарная активность по глубине почвенного покрова, Бк			
	^{241}Am	^{137}Cs	$^{239+240}\text{Pu}$	^{90}Sr	^{241}Am	^{137}Cs	$^{239+240}\text{Pu}$	^{90}Sr
1	5,7	6,3	12,7	29,1	3,7	4,1	8,3	18,9

Далее определялся коэффициент $K_{\text{п}}$, определяющий отношение суммарной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ по всей глубине вертикального распределения в почвенном покрове к активности радионуклидов в верхнем 5-сантиметровом слое почвенного покрова по формуле:

$$K_{\text{п}} = \frac{A_{i,0-5}}{A_i}, \quad (3)$$

где:

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, определяющий отношение суммарной активности i -го радионуклида в почве по всей глубине его распространения в почвенном покрове к активности i -го радионуклида в верхнем 5 (пяти) сантиметровом слое почвенного покрова;

A_i – суммарная активность i -го радионуклида в почве по всей глубине его распространения, Бк;

$A_{i,0-5}$ – активность i -го радионуклида в верхнем 5 (пяти) сантиметровом слое почвенного покрова, Бк.

Коэффициент $K_{\text{п}}$ определяется для каждой выделенной зоны.

В каждой выделенной зоне использовалось среднее значение $K_{\text{п}}$.

Площадная активность радионуклидов рассчитывалась по формуле:

$$A_{s,i} = \frac{K_{\text{п}} \times A_{i,0-5}}{S}, \quad (4)$$

где:

$A_{s,i}$ – площадная активность i -го радионуклида, Бк/м²;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, определяющий отношение суммарной активности i -го радионуклида в почве по всей глубине его распространения в почвенном покрове к активности i -го радионуклида в верхнем 5-сантиметровом слое почвенного покрова;

$A_{i,0-5}$ – активность i -го радионуклида в верхнем 5-сантиметровом слое почвенного покрова, Бк;

S – площадь отбора проб верхнего слоя почвы, м².

Значения коэффициента $K_{\text{п}}$ представлены в таблице (Таблица 8).

Таблица 8. Средние значения коэффициентов $K_{\text{п}}$

Коэффициент $K_{\text{п}}$	Значение
$K_{\text{п}}$ радионуклида ^{137}Cs	0,0317
$K_{\text{п}}$ радионуклида ^{241}Am	0,1228
$K_{\text{п}}$ радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	0,0158

Коэффициент K_p	Значение
K_p радионуклида ^{90}Sr	0,0447

Площадь отбора пробы (S) определялась в процессе отбора проб.

Значения площадной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ рассчитаны по формуле (4) и представлены в таблице (Таблица 9).

Таблица 9. Расчетная площадная активность радионуклидов

Точка отбора	Площадная активность, $\text{кБк}/\text{м}^2$			
	^{137}Cs	^{241}Am	$^{239+240}\text{Pu}$	^{90}Sr
1	0,039	0,037	0,029	0,016
2	0,012	0,008	0,056	0,013
3	0,045	0,042	0,213	0,010

Согласно расчетной оценке (Таблица 9), площадная активность ^{137}Cs в почве варьирует от 0,012 до 0,045 $\text{кБк}/\text{м}^2$, ^{241}Am – от 0,008 до 0,042 $\text{кБк}/\text{м}^2$, $^{239+240}\text{Pu}$ – от 0,029 до 0,213 $\text{кБк}/\text{м}^2$, ^{90}Sr – 0,010 до 0,016 $\text{кБк}/\text{м}^2$.

По полученным данным построены карты распределения площадной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ на обследуемом земельном участке (Рисунок 15 – Рисунок 18).

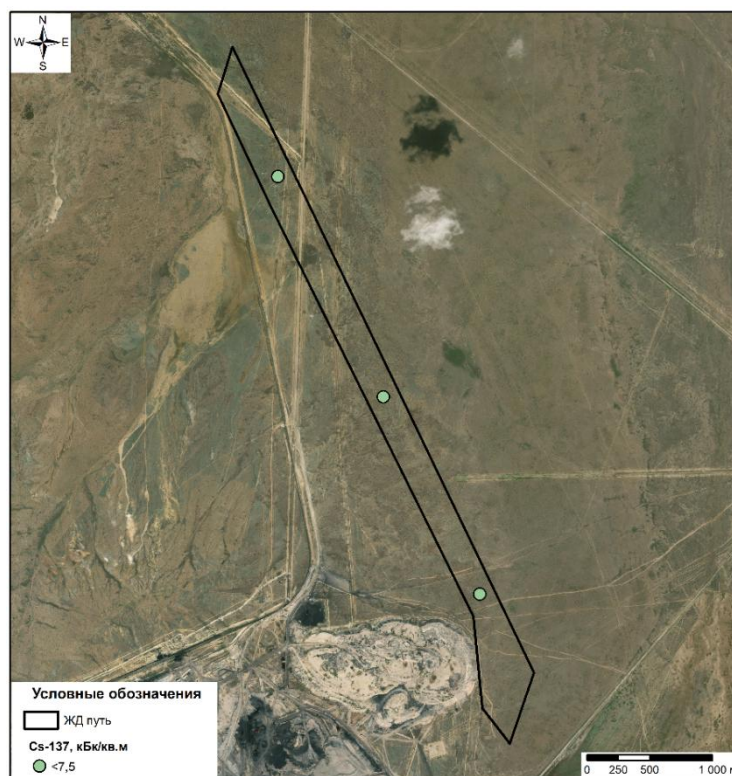


Рисунок 15. Карта распределения площадной активности ^{137}Cs

По результатам определения площадной активности ^{137}Cs (Рисунок 15), во всех точках обследования значения площадной активности ^{137}Cs не превышают значения 75 $\text{кБк}/\text{м}^2$, что позволяет отнести обследуемый земельный участок к территории с «относительно удовлетворительной ситуацией», согласно «Критериям оценки экологической обстановки территорий» [40].

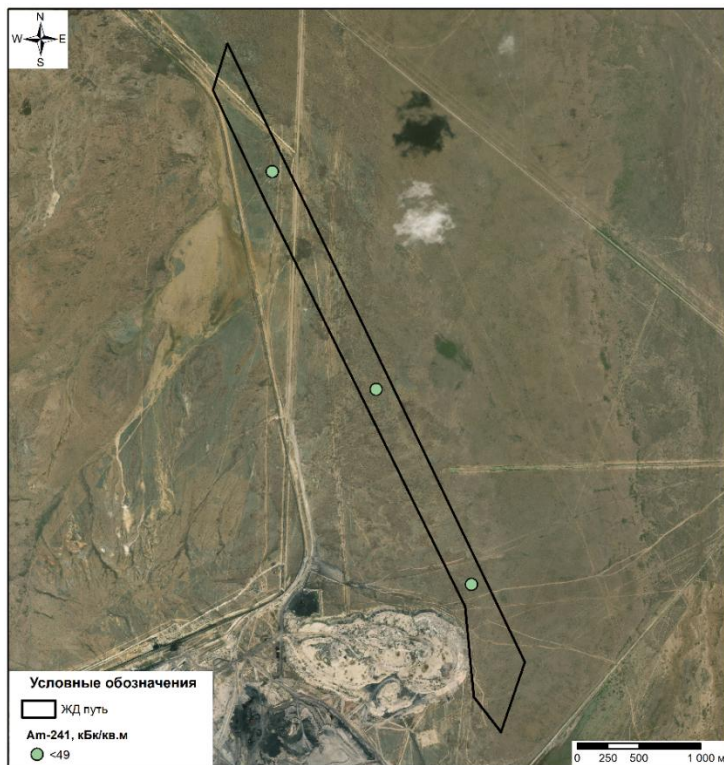


Рисунок 16. Карта распределения площадной активности ^{241}Am

По результатам определения площадной активности ^{241}Am (Рисунок 16), во всех точках обследования значения площадной активности ^{241}Am не превышают значения 490 кБк/м^2 , что позволяет отнести обследуемый земельный участок к территории с «относительно удовлетворительной ситуацией», согласно «Критериям оценки экологической обстановки территорий» [40].

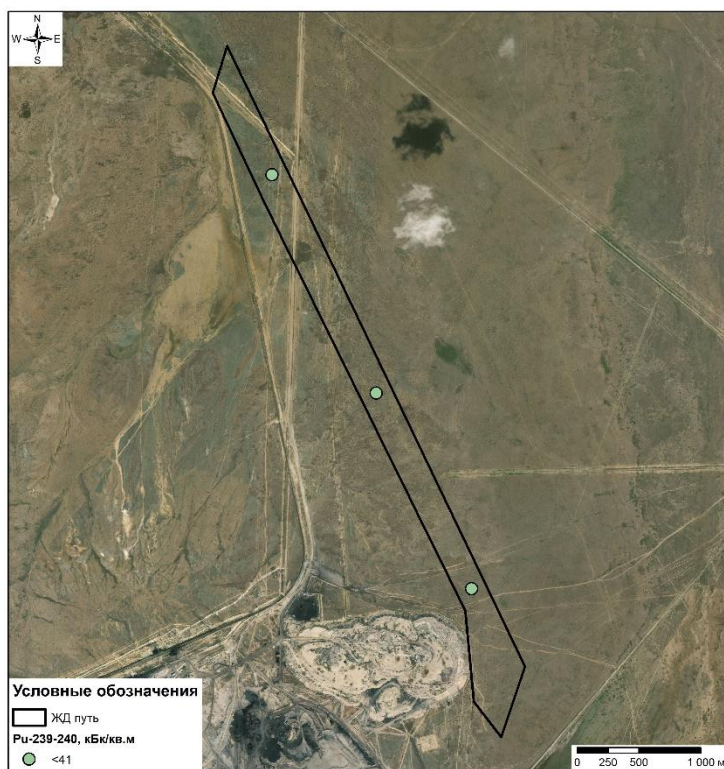


Рисунок 17. Карта распределения площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$

По результатам определения площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$ (Рисунок 17), во всех точках обследования значения площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$ не превышают значения 410 кБк/м^2 , что позволяет отнести обследуемый земельный участок к территории с «относительно удовлетворительной ситуацией», согласно «Критериям оценки экологической обстановки территорий» [40].

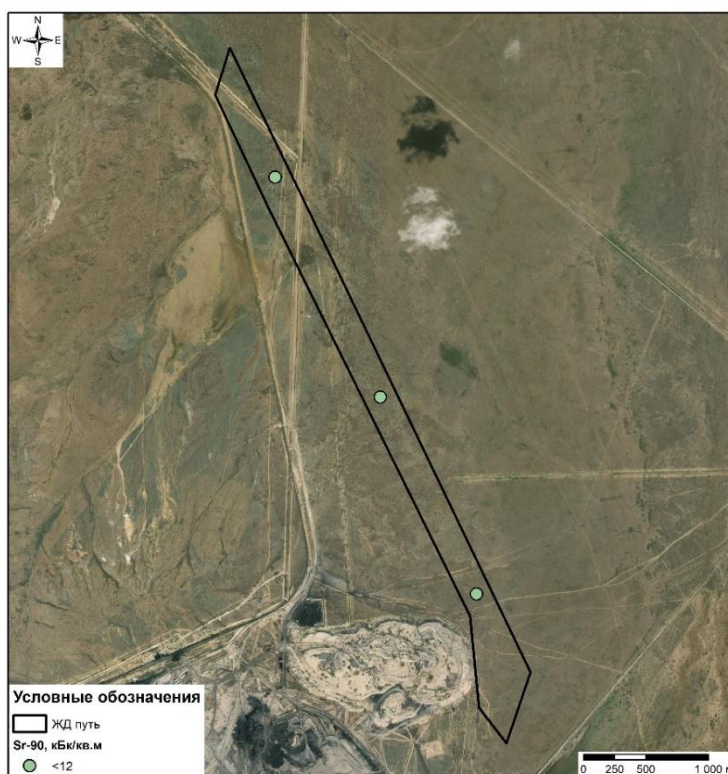


Рисунок 18. Карта распределения площадной активности ^{90}Sr

По результатам определения площадной активности ^{90}Sr (Рисунок 18), во всех точках обследования значения площадной активности ^{90}Sr не превышают значения 120 кБк/м^2 , что позволяет отнести обследуемый земельный участок к территории с «относительно удовлетворительной ситуацией», согласно «Критериям оценки экологической обстановки территорий» [40].

Выводы по разделу «Определение площадной активности радионуклидов»

По результатам площадного распределения радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr в верхнем слое почвенного покрова установлено, что во всех точках обследования значения площадной активности данных радионуклидов не превышают значения, характеризующие «относительно удовлетворительную ситуацию» в «Критериях оценки экологической обстановки территорий» [40].

2.2 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Обследование радиационного состояния поверхностных и подземных вод выполнялось с целью определения степени радиоактивного загрязнения водной среды техногенными радионуклидами, образовавшимися вследствие испытаний ядерного оружия, в районе обследования.

Контролируемой величиной радиационного состояния воды, согласно Гигиеническим нормативам к обеспечению радиационной безопасности [39], является удельная активность радионуклидов в воде.

Радиационное состояние поверхностных и подземных вод оценивалось по значениям удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr и ^3H .

Определение удельной активности радионуклидов в воде основано на измерении проб воды, отобранной из водных объектов.

2.2.1 Определение удельной активности радионуклидов в поверхностных водах

Обследование поверхностных вод на земельном участке железнодорожный путь, общей площадью 159,06 га не проводилось в связи с отсутствием водных объектов.

2.2.2 Определение содержания радионуклидов в подземных водах

С целью определения радиационного состояния подземных вод на участке расположения железнодорожного пути проведено бурение гидрогеологической скважины №1 с последующим отбором проб воды для проведения лабораторных анализов. Расположение скважины №1 представлено на схеме (Рисунок 19).

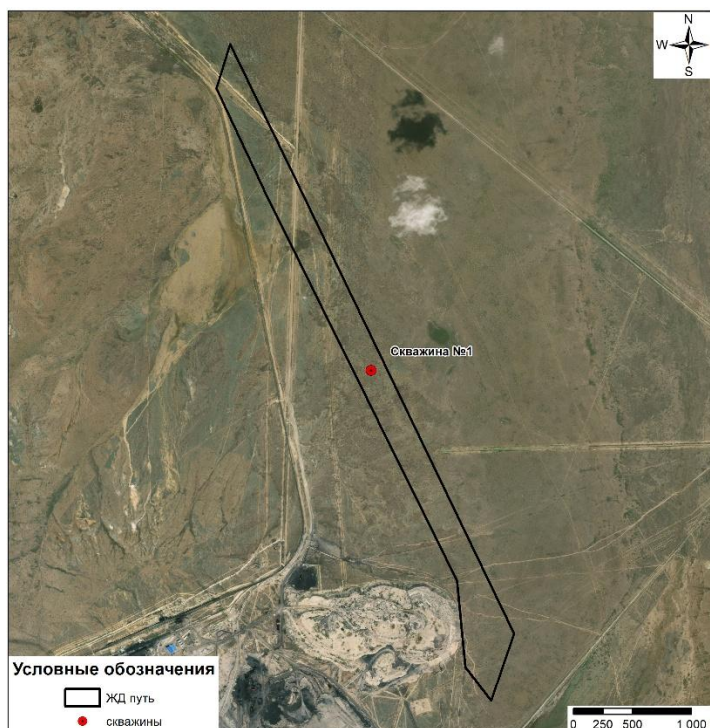


Рисунок 19. Схема расположения скважины №1

Подземные воды на обследуемой территории приурочены к зоне экзогенной трещиноватости палеозойских пород. Глубина залегания подземных вод 20 м.

Лабораторные анализы включали определение удельной активности основных дозообразующих радионуклидов в воде – ^3H , ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr . Работы проводились в соответствии с нормативной документацией на методы выполнения измерений с применением поверенных средств измерения. Отбор проб воды проводился в соответствии с государственным стандартом СТ РК ГОСТ Р 51592 [41].

Результаты содержания радионуклидов в подземных водах скважины №1 представлены в таблице (Таблица 10).

Таблица 10. Результаты лабораторных анализов подземных вод

№ п/п	Наименование скважин	Удельная активность, Бк/кг					Широта	Долгота
		^3H	^{137}Cs	^{241}Am	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$		
1	№1	<6	<0,01	<0,02	<0,01	$<2,2 \times 10^{-4}$	50°03'23,043"	78°44'56,74"

Согласно полученным результатам, удельная активность радионуклида ^{137}Cs , ^{241}Am и ^3H в подземных водах находится ниже предела обнаружения ($<0,01$ Бк/кг, $<0,02$ Бк/кг и <6 Бк/кг соответственно). Выполнена подготовка и радиохимический анализ по определению содержания радионуклидов ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$. Согласно полученным данным, значения удельной активности радионуклидов находятся ниже пределов обнаружения, которые не превышают для $^{239+240}\text{Pu}$ – $<2,2 \times 10^{-4}$ Бк/кг, для ^{90}Sr $<0,01$ Бк/кг. Таким образом, полученные значения не превышают значений уровня вмешательства (^{137}Cs – 11 Бк/кг, ^{241}Am – 0,69 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – 0,55 Бк/кг, ^3H – 7600 Бк/кг, ^{90}Sr – 4,9 Бк/кг) по содержанию в питьевой воде согласно Гигиеническим нормативам [39].

Выводы по разделу «Определение содержания радионуклидов в подземных водах»

По результатам проведенного обследования установлено, что уровни содержания радионуклидов ^3H , ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в грунтовых водах на участке расположения железнодорожного пути не превышают нормативные значения согласно Гигиеническим нормативам.

2.3 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Обследование радиационного состояния атмосферного воздуха выполняется с целью оценки степени радиоактивного загрязнения воздушной среды.

Степень радиоактивного загрязнения воздушной среды определяется по среднегодовой объемной активности радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr в пробах воздушных аэрозолей.

В соответствии с методикой комплексного экологического обследования определение среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе выполняется экспериментальным или расчетным методом. Экспериментальным методом среднегодовая объемная активность радионуклидов в атмосферном воздухе определяется как среднее арифметическое значение всех разовых и среднесуточных объемных активностей радионуклидов, полученных в течение года. Расчетный метод применяется в случае, когда определить среднегодовую объемную активность радионуклидов в атмосферном воздухе экспериментальным методом не представляется возможным.

2.3.1 Определение разовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе

Определение среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе на обследуемом земельном участке выполнено расчетным методом. Это связано с тем, что на обследуемом земельном участке отсутствуют постоянные источники электричества, необходимые для отбора проб воздушных аэрозолей путем непрерывной аспирации.

Определение среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе на обследуемом земельном участке выполнено расчетным методом. Это связано с тем, что на обследуемом земельном участке отсутствуют постоянные источники электричества, необходимые для отбора проб воздушных аэрозолей путем непрерывной аспирации.

Расчет среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе выполнялся по формуле:

$$A_{v,i} = K_{\phi i} \times A_{mi,почва} \times \rho_{sus}, \quad (5)$$

где:

$A_{v,i}$ – среднегодовая объемная активность i -го радионуклида в атмосферном воздухе, Бк/м³;

$K_{\phi i}$ – коэффициент, определяющий отношение удельной активности i -го радионуклида в мелкодисперсной фракции почвы (менее 10 мкм) к удельной активности i -го радионуклида в верхнем слое почвенного покрова;

$A_{mi, почва}$ – удельная активность i -го радионуклида в верхнем слое (0-5 см) почвенного покрова, Бк/кг;

ρ_{sus} – среднегодовая концентрация взвешенных частиц в атмосферном воздухе обследуемого земельного участка, кг/м³.

2.3.1.1 Определение коэффициента $K_{\phi i}$

Коэффициент $K_{\phi i}$ рассчитывался по формуле:

$$K_{\phi, i} = \frac{A_{mi, \phi}}{A_{mi, n}}, \quad (6)$$

где:

$A_{mi, \phi}$ – удельная активность i -го радионуклида в мелкодисперсной фракции почвы (до 10 мкм), Бк/кг;

$A_{mi, n}$ – удельная активность i -го радионуклида в верхнем слое (0-5 см) почвенного покрова, Бк/кг.

Для определения коэффициента $K_{\phi i}$ на обследуемом участке площадью 1,6 км² было заложено 6 точек для отбора проб почвы. Отбор проб почвы проводился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017 [36].

Схема расположения точек отбора проб почвы для последующего определения среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе расчетным методом представлена на рисунке (Рисунок 20).

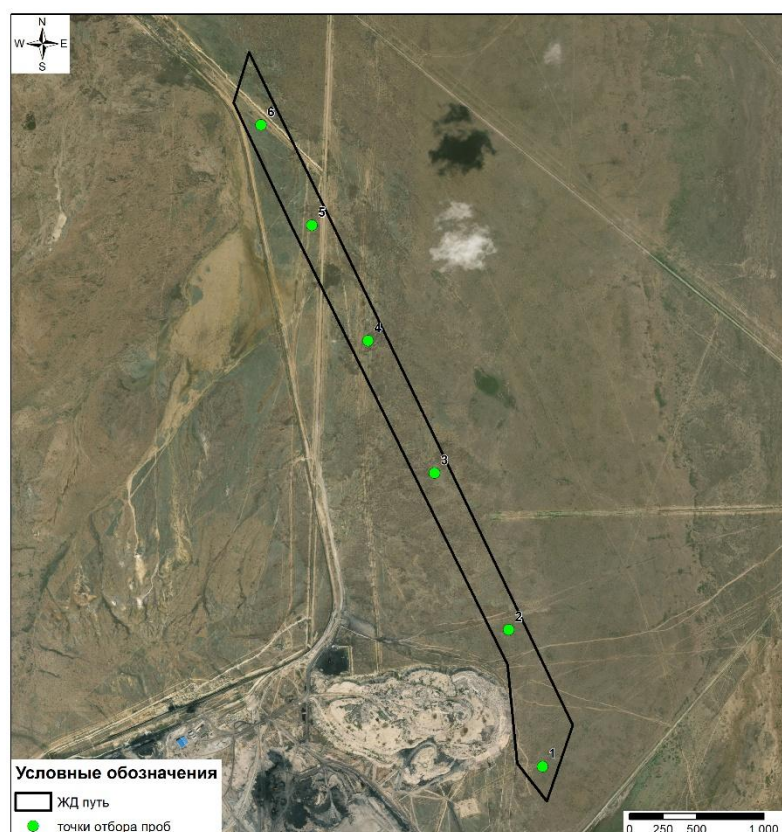


Рисунок 20. Схема расположения точек отбора проб почвы

Отбор проб и определение объемной активности радионуклидов в воздухе выполнялись в соответствии с межгосударственным стандартом и методиками [36, 37, 38].

Выделение из проб почвы фракции почвы размером <10 мкм выполнялось методом седиментации в водной среде [42].

Значения коэффициентов K_{fi} для радионуклидов рассчитаны по формуле (6) и представлены в таблицах (Таблица 11 – Таблица 14).

Таблица 11. Значения коэффициента K_f для радионуклида ^{137}Cs

№ участка	Участок	Точка отбора	Удельная активность радионуклида, Бк/кг		K_{fCs}
			почва, неразделенная на фракции	фракция почвы размером <10 мкм	
1	железнодорожный путь	1	14±3	22±4	1,57
		2	23±5	39±8	1,70
		3	8,9±1,8	16±3	1,80
		4	9,5±1,9	12±2	1,26
		5	13±3	28±6	2,15
		6	25±5	50±10	2,00
Среднее значение					1,75

Таблица 12. Значения коэффициента K_f для радионуклида ^{90}Sr

№ участка	Участок	Точка отбора	Удельная активность радионуклида, Бк/кг		K_{fSr}
			почва, неразделенная на фракции	фракция почвы размером <10 мкм	
1	железнодорожный путь	1	8,0±1,3	910 ± 140	113,75
		2	8,4±1,3	240 ± 50	28,57
		3	5,1±1,1	100 ± 30	19,61
		4	5,4±1,4	150 ± 50	27,78
		5	5,3±1,1	140 ± 30	26,42
		6	4,6±1,1	78 ± 34	16,96
Среднее значение					38,35

Таблица 13. Значения коэффициента K_f для радионуклида ^{241}Am

№ участка	Участок	Точка отбора	Удельная активность радионуклида, Бк/кг		K_{fAm}
			почва, неразделенная на фракции	фракция почвы размером <10 мкм	
1	железнодорожный путь	1	3,4±0,7	2,2±0,4	0,65
		2	8,2±1,6	8,8±1,8	1,07
		3	2,4±0,5	1,7±0,3	0,71
		4	1,2±0,2	1,5±0,3	1,25
		5	1,3±0,3	1,7±0,3	1,31
		6	4,1±0,8	12±2	2,93
Среднее значение					1,32

Таблица 14. Значения коэффициента K_f для радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$

№ участка	Участок	Точка отбора	Удельная активность радионуклида, Бк/кг		$K_{\text{фPu}}$
			почва, неразделенная на фракции	фракция почвы размером <10 мкм	
1	железнодорожный путь	1	18 ± 4	42 ± 9	2,33
		2	32 ± 6	91 ± 8	2,84
		3	18 ± 4	20 ± 3	1,11
		4	17 ± 4	22 ± 5	1,29
		5	33 ± 6	16 ± 4	0,48
		6	43 ± 7	165 ± 13	3,84
Среднее значение					1,98

Согласно полученным результатам (Таблица 11 – Таблица 14), для обследуемого участка значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs в почве, неразделенной на фракции, варьируют в пределах от 25 ± 5 до $8,9 \pm 1,8$ Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от 50 ± 10 до 12 ± 2 Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{\text{фCs}}$ для данной зоны составляет 1,75.

Значения удельной активности радионуклида ^{90}Sr в почве, неразделенной на фракции, для участка варьируют в пределах от $8,4 \pm 1,3$ до $4,6 \pm 1,1$ Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от $6,6 \pm 1,3$ до 31 ± 5 Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{\text{фSr}}$ для данной зоны составляет 38,35.

Значения удельной активности радионуклида ^{241}Am в почве, неразделенной на фракции, для участка варьируются в пределах от $8,2 \pm 1,6$ до $1,2 \pm 0,2$ Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от 12 ± 2 до $1,5 \pm 0,3$ Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{\text{фAm}}$ для данной зоны составляет 1,32.

Значения удельной активности радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ в почве, неразделенной на фракции, для участка варьируют в пределах от 43 ± 7 Бк/кг до 17 ± 4 Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от 165 ± 13 до 16 ± 4 Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{\text{фPu}}$ для данной зоны составляет 1,98.

2.3.1.2 Среднегодовая концентрация взвешенных частиц в атмосферном воздухе

Измерение среднегодовой концентрации взвешенных частиц в атмосферном воздухе на обследуемом земельном участке не проводилось. Поскольку обследуемая территория находится в области Абай, в расчетах использовано среднее значение среднегодовых концентраций взвешенных частиц в атмосферном воздухе ближайшего населенного пункта/поста наблюдений за состоянием атмосферного воздуха данной области – г. Семей. Среднее значение среднегодовых концентраций (период с 2018 по 2022 гг.) взвешенных частиц в атмосферном воздухе г. Семей равно $0,0112 \text{ мг/м}^3$ (Таблица 15).

Таблица 15. Значения среднегодовой концентрации взвешенных частиц в атмосферном воздухе для обследуемого земельного участка

Город	Календарный год	Среднегодовая концентрация взвешенных частиц, мг/м^3	Среднее значение среднегодовых концентраций взвешенных частиц, мг/м^3
Семей	2018	0,0330	0,0112
	2019	0,0160	
	2020	0,0214	
	2021	0,0160	
	2022	0,0400	
	2023	-	
	2024	-	
	2025	-	

Значения среднегодовых концентраций взвешенных частиц в атмосферном воздухе г. Семей представлены РГП «Казгидромет» в ежегодном информационном бюллетене о состоянии окружающей среды Республики Казахстан [43].

2.3.1.3. Расчет среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе

Для расчета среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе обследуемой территории использованы средние значения коэффициентов K_{ϕ} (Таблица 16).

Таблица 16. Средние значения коэффициентов K_{ϕ}

Коэффициент K_{ϕ}	Значение
K_{ϕ} радионуклида ^{137}Cs	1,75
K_{ϕ} радионуклида ^{90}Sr	38,35
K_{ϕ} радионуклида ^{241}Am	1,32
K_{ϕ} радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	1,98

Используя полученные коэффициенты K_{ϕ} (Таблица 16) и значения удельной активности радионуклидов (Таблица 5), выполнен расчет среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе для обследуемой территории по формуле (5) (Таблица 17).

Таблица 17. Расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклидов

Точка отбора	Среднегодовая объемная активность радионуклидов, Бк/м ³			
	^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
Т.1	$6,80 \times 10^{-8}$	$3,72 \times 10^{-7}$	$2,36 \times 10^{-6}$	$6,21 \times 10^{-7}$
Т.2	$1,48 \times 10^{-8}$	$1,16 \times 10^{-7}$	$1,89 \times 10^{-6}$	$2,00 \times 10^{-7}$
Т.3	$7,84 \times 10^{-8}$	$4,31 \times 10^{-7}$	$1,46 \times 10^{-6}$	$7,54 \times 10^{-7}$
минимальное	$1,48 \times 10^{-8}$	$1,16 \times 10^{-7}$	$1,46 \times 10^{-6}$	$2,00 \times 10^{-7}$
максимальное	$7,84 \times 10^{-8}$	$4,31 \times 10^{-7}$	$2,36 \times 10^{-6}$	$7,54 \times 10^{-7}$
ДОНас*	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$

Согласно полученным данным (Таблица 17) расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклида ^{137}Cs в воздухе варьируют от $1,16 \times 10^{-7}$ до $4,31 \times 10^{-7}$ Бк/м³, ^{90}Sr – от $1,46 \times 10^{-6}$ до $2,36 \times 10^{-6}$ Бк/м³, ^{241}Am – от $1,48 \times 10^{-8}$ до $7,84 \times 10^{-8}$ Бк/м³, $^{239+240}\text{Pu}$ – от $2,00 \times 10^{-7}$ до $7,54 \times 10^{-7}$ Бк/м³, что не превышает значений допустимой среднегодовой объемной активности ДОНас, согласно Гигиеническим нормативам к обеспечению радиационной безопасности (^{137}Cs – 27 Бк/м³, ^{241}Am – $2,9 \times 10^{-3}$ Бк/м³, ^{90}Sr – 2,7 Бк/м³, $^{239+240}\text{Pu}$ – $2,5 \times 10^{-3}$ Бк/м³) [39].

Выводы по разделу «Радиационное состояние атмосферного воздуха»

Полученные значения объемной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в атмосферном воздухе исследуемой территории не превышают значений допустимой среднегодовой объемной активности ДОНас, установленных в Гигиенических нормативах к обеспечению радиационной безопасности [39].

2.4 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Обследование радиационного состояния растительного мира выполнялось с целью оценки степени радиоактивного загрязнения растений в районе обследования.

Степень радиоактивного загрязнения растительного покрова определяется по удельной активности радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr в пробах растений.

Определение удельной активности радионуклидов в растениях выполнялось экспериментальным методом. Для определения удельной активности радионуклидов в растениях экспериментальным методом проводится отбор проб растений. Отбор проб растений

выполняется в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 27262 «Корма растительные. Методы отбора проб» [44].

На обследуемой территории заложено 6 точек отбора проб растений с учетом особенностей ландшафта и основных типов растительности, являющихся основным компонентом кормовой базы травоядных животных, включая домашний скот. Схема расположения точек отбора проб представлена на рисунке (Рисунок 21).

В каждой точке проведен отбор проб надземной части степного разнотравья с доминированием ковылей (*Stipa capillata*, *Stipa sareptana*, *Stipa lessingiana*), типчака (*Festuca valesiaca*) и полыней (*Artemisia gracileccens*, *Artemisia Frigida* и др.).

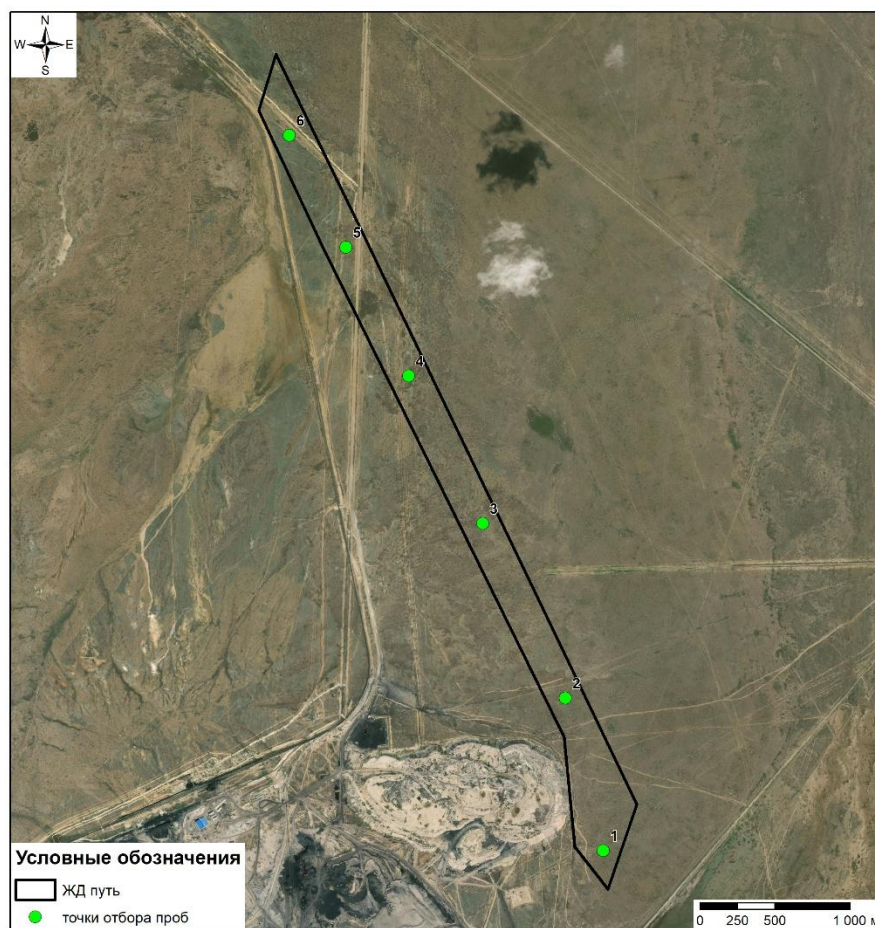


Рисунок 21. Схема расположения точек отбора проб растений

Во всех отобранных пробах растений определялась удельная активность радионуклидов ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr и ^{137}Cs .

Значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в растениях на территории железнодорожного пути приведены в таблице (Таблица 18).

Таблица 18. Удельная активность радионуклидов в растениях

Точка отбора	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг			
	^{137}Cs	^{241}Am	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
1	<0,4	<0,2	3,9±0,9	1,1±0,4
2	<0,5	<0,2	4,3±1,4	<0,1
3	<0,4	<0,2	3,3±0,9	<0,1
4	<0,3	<0,2	3,7±1,0	<0,1
5	<0,7	<0,2	3,1±1,3	<0,1
6	<0,9	<0,2	2,9±1,1	<0,1

Из таблицы (Таблица 18) видно, что значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в растениях находятся ниже предела обнаружения ($<0,9$ Бк/кг, $<0,2$ Бк/кг, соответственно), $^{239+240}\text{Pu}$ – варьирует от нижнего предела обнаружения ($<0,1$ Бк/кг) до $1,1\pm 0,4$ Бк/кг, и ^{90}Sr – от $2,9\pm 1,1$ Бк/кг до $4,3\pm 1,4$ Бк/кг.

Выводы по разделу «Радиационное состояние растительного мира»

По результатам обследования радиационного состояния растительного мира установлено, что значения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в растениях не превышают предельно-допустимых уровней радиоактивного загрязнения кормовых растений (^{137}Cs – 74 Бк/кг, ^{90}Sr – 111 Бк/кг) [45]. Удельная активность $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в растениях не нормируется, однако, исходя из степени общей радиотоксичности каждого, можно предположить, что допустимые уровни по $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am будут ориентировочно на порядок меньше, чем по ^{90}Sr .

2.5 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖИВОТНОГО МИРА

Обследование радиационного состояния животного мира на обследуемой территории выполнялось для оценки степени радиоактивного загрязнения объектов любительской и промысловой охоты (рыболовства) в районе обследования. Радиационное состояние животного мира оценивалось по содержанию радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ в мышечных тканях (в мясе) диких животных.

В соответствии с методикой комплексного экологического обследования определение удельной активности техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытания ядерного оружия, в мясе диких животных, дикой птицы и рыбе выполняется экспериментальным или расчетным методом. На обследуемой территории на момент обследования отсутствуют охотничьи угодья, поэтому оценка экспериментальным методом не проводилась.

2.5.1 Определение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ в мышечных тканях (в мясе) диких животных расчетным методом

Расчет удельной активности радионуклидов в мясе диких животных по удельной активности радионуклидов в их фекалиях выполнялся по формуле:

$$A_{m,i,\text{прод}} = V_{\text{корм}} \times A_{m,i,\text{корм}} \times K_{n,i,\text{корм}} \quad (7)$$

где:

$V_{\text{корм}}$ – суточное потребление корма, кг/сутки;

$A_{m,i,\text{корм}}$ – удельная активность i -го радионуклида в фекалиях животных, Бк/кг;

$K_{n,i,\text{корм}}$ – коэффициент перехода i -го радионуклида из корма на 1 кг (литр) продукции.

Расчет удельной активности радионуклидов в мясе диких животных выполнялся для косули и лося, как наиболее представительным видам копытных диких животных на обследуемой территории.

Суточное потребление растительного корма для косули принято равным 6 кг в сутки, для лося – 35 кг [46, 47].

Для определения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ в мышечных тканях (в мясе) диких животных расчетным методом проведен отбор проб фекалий крупных копытных животных. В отобранных пробах фекалий определена удельная активность радионуклидов, которая используется для расчета возможного поступления радионуклидов в организм диких животных с рационом, при их кормлении на обследуемой территории.

Схема расположения точек отбора проб фекалий копытных животных нанесена на топографическую карту М-44-В масштаба 1:500000 (Рисунок 22).

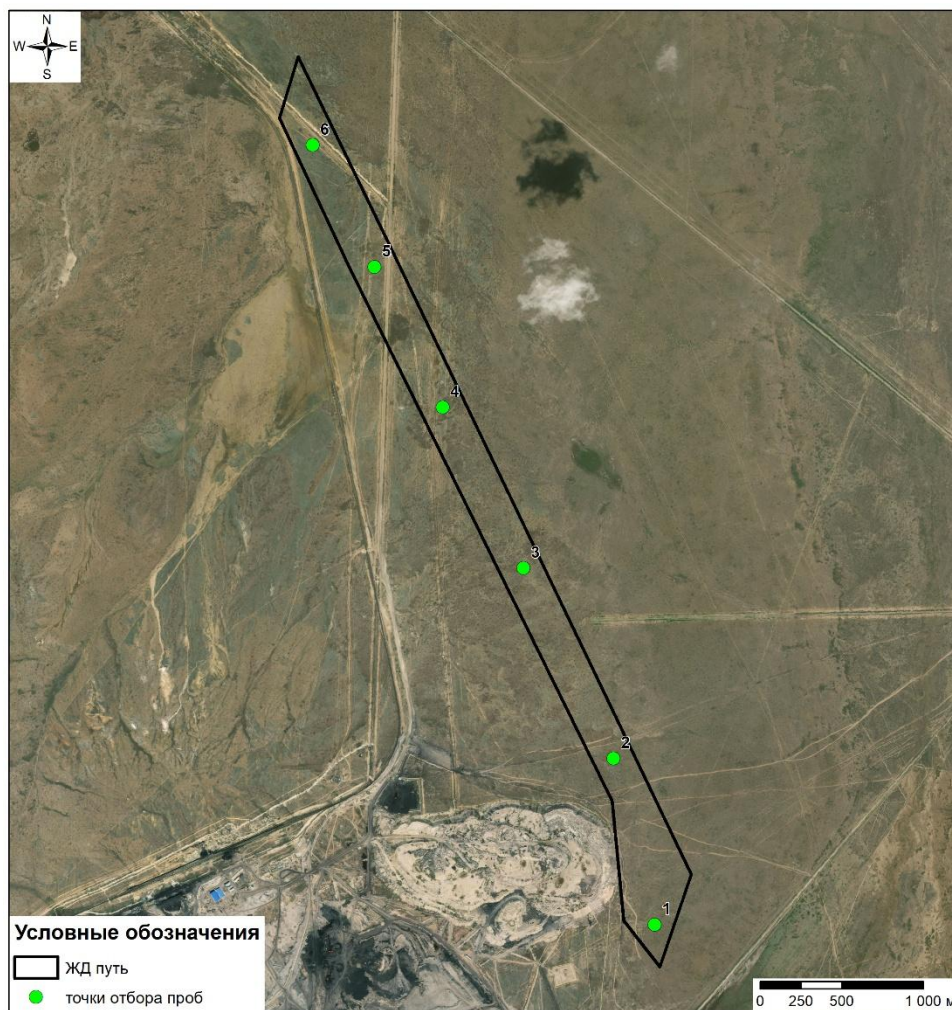


Рисунок 22. Схема расположения точек отбора проб фекалий копытных животных

Методология отбора проб, подготовки их к анализам, анализ проб выполнялись в соответствии с нормативными документами [37, 38, 48].

Значения удельной активности радионуклидов представлены в таблице (Таблица 19).

Таблица 19. Удельная активность радионуклидов в фекалиях животных

Точка отбора	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг (на момент измерения)			
	^{137}Cs	^{241}Am	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
1	$3,6 \pm 0,7$	$0,5 \pm 0,1$	22 ± 3	$1,8 \pm 0,4$
2	$2,7 \pm 0,5$	$<0,5$	$9,1 \pm 1,6$	$2,2 \pm 0,4$
3	$2,2 \pm 0,4$	$1,2 \pm 0,4$	$5,8 \pm 1,5$	$2,9 \pm 0,5$
4	$1,8 \pm 0,3$	$<0,5$	$4,0 \pm 1,3$	$0,9 \pm 0,3$
5	$2,3 \pm 0,5$	$<1,0$	$<1,9$	$2,3 \pm 0,5$
6	$1,8 \pm 0,4$	$<0,8$	$2,8 \pm 0,9$	$2,8 \pm 0,5$
Среднее значение	2,4	0,8	7,6	2,2

*Примечание: При расчете средних значений удельной активности значения, не превышающие минимально-детектируемую удельную активность приняты за количественные значения.

Значения удельной активности ^{137}Cs в фекалиях копытных животных варьируют от 1,8 Бк/кг до 3,6 Бк/кг, ^{90}Sr – от нижнего предела обнаружения ($<1,9$ Бк/кг) до 22 Бк/кг, ^{241}Am – от нижнего предела обнаружения ($<0,5$ Бк/кг) до 1,2 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от 0,9 Бк/кг до 2,8 Бк/кг. За удельную активность радионуклидов в рационе взяты средние значения удельной активности радионуклидов в фекалиях. За удельную активность радионуклидов в рационе взяты средние значения удельной активности радионуклидов в фекалиях.

Коэффициенты перехода радионуклидов в мышечную ткань (мясо) приведены в документе МАГАТЭ – TECDOC-1616 (F_f – «Feed transfer coefficient») [49]. Оценка проводилась для копытных животных, наиболее распространенных на территории СИП (лось, косуля). Для косули взяты коэффициенты перехода F_f , приведенные для овец, для лося – для крупного рогатого скота. В таблице (Таблица 20) приведены средние значения коэффициентов перехода радионуклидов в баранину и говядину.

Таблица 20. Коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию

Вид продукции	F_f из корма на 1 кг (л) продукции			
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am	$^{239+240}\text{Pu}$
Баранина (для сайги, косули)	$1,9 \times 10^{-1}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$5,3 \times 10^{-5}$
Говядина (для лося)	$2,2 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-6}$

Значения удельной активности радионуклидов в мышечных тканях (в мясе) диких животных расчетным методом рассчитаны по формуле (7) и представлены в таблице (Таблица 21).

Таблица 21. Прогнозируемая удельная активность радионуклидов в мясе диких животных

Вид продукции	Содержание радионуклидов, Бк/кг			
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am	$^{239+240}\text{Pu}$
Мясо (сайга, косуля)	2,74	$6,8 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-4}$	$6,8 \times 10^{-4}$
Мясо (лось)	16	$4,0 \times 10^{-1}$	$2,9 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-3}$
ДУ*	300	100	не нормируется	не нормируется

Примечание: ДУ* – допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в мясе (мышечных тканях) диких животных, установленные в Гигиенических нормативах [39]

Согласно полученным данным (Таблица 21) ожидаемые значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs в мясе диких животных варьируют в пределах от 2,7 Бк/кг до 16 Бк/кг, ^{90}Sr – от $6,8 \times 10^{-2}$ Бк/кг до $4,0 \times 10^{-1}$ Бк/кг, что не превышает допустимых уровней, указанных в Гигиенических нормативах к обеспечению радиационной безопасности для мяса диких животных [39]. Ожидаемые значения удельной активности изотопов ^{241}Am варьируют в пределах от $5,0 \times 10^{-4}$ Бк/кг до $2,9 \times 10^{-3}$ Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от $6,8 \times 10^{-4}$ до $4,0 \times 10^{-3}$ Бк/кг. Удельная активность данных изотопов в мясе не нормируется.

Выводы по разделу «Радиационное состояние животного мира»

Расчетным методом установлено, что на обследуемой территории превышения допустимых значений удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в мясе диких животных не ожидается. Прогнозируемые максимальные значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в мясе диких животных меньше нормативных значений в 19 и 250 раз соответственно.

2.6 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, ПРОИЗВОДИМОЙ В РАЙОНЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Под сельскохозяйственной продукцией, производимой на обследуемом земельном участке, подразумевается сырье и продукция растениеводства и животноводства, в том числе полученные путем органического производства, а также продукты, полученные посредством их первичной переработки. Однако, на обследуемом земельном участке сельскохозяйственная продукция не производится.

Так как на обследуемом участке растениеводческая продукция не производится, то ее радиационное состояние оценивалось расчетным методом, т.е. рассчитывалось (прогнозировалось) содержание техногенных радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

Расчетный метод основан на предположении, что основным фактором радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных растений, а также сельскохозяйственных животных (по пищевой цепочке почва-растения), в местах, где отсутствуют промышленные предприятия и другие объекты хозяйственной деятельности, является переход радионуклидов из почвы при корневом питании в растения, и далее, в животных.

Зная содержание радионуклидов в почвенном покрове, можно рассчитать содержание радионуклидов в растительности (растениеводческой продукции), а по ней – в животноводческой продукции.

2.6.1 Радиационное состояние растениеводческой продукции, которая может быть произведена в районе обследования

Радиационное состояние растениеводческой продукции, которая может быть произведена на территории СИП, было оценено расчетным методом.

Расчет проводился для таких видов растениеводческой продукции, как пшеница (зерно), картофель (клубни), овощи и фрукты (плоды), поскольку данные для этих сельскохозяйственных культур используются в методике расчета доз внутреннего облучения человека [50].

Для определения удельной активности радионуклидов в растениях расчетным методом используется коэффициент накопления.

Коэффициент накопления определяется как отношение удельной активности радионуклидов в растениях к удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова.

Расчет удельной активности радионуклидов в растениеводческой продукции выполнялся по формуле:

$$A_{m,i,прод.} = A_{mi,0-20} \times K_n \times \frac{K_{\%}}{100}, \quad (8)$$

где:

$A_{m,i,прод.}$ – удельная активность i -го радионуклида в растениеводческой продукции, Бк/кг;

$A_{mi,0-20}$ – удельная активность i -го радионуклида в слое почвенного покрова до 20 см, Бк/кг;

K_n – коэффициент накопления;

$K_{\%}$ – процент содержания сухого вещества в общей массе растения.

Удельная активность радионуклидов в почве рассчитывалась для слоя почвы 20 см. Это связано с тем, что в слое почвы 0-20 см, являющимся пахотным, сосредоточена основная часть корней культурных растений [51]. Следовательно, для определения количества радионуклидов, которые перейдут из почвы в растениеводческую продукцию необходимо знать удельную активность радионуклидов в этом слое почвы.

Удельная активность радионуклидов в слое почвенного покрова до 20 см определялась по формуле:

$$A_{mi,0-20} = \frac{\sum A_{mi,j} \times 5}{20} \quad (9)$$

где:

$A_{mi,0-20}$ – удельная активность радионуклида в слое почвенного покрова до 20 см, Бк/кг;

$A_{mi,j}$ – удельная активность i -го радионуклида в верхнем слое почвенного покрова до 5 см, Бк/кг. Значения удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова представлены в таблице (Таблица 6).

Для определения коэффициента $K_{n,0-20}$ использованы значения удельной активности радионуклидов в слоях почвенного покрова до 5 см и до 20 см, которые представлены в таблице (Таблица 6).

Для дальнейшего расчета использовались максимальные значения коэффициента $K_{n,0-20}$ (Таблица 22).

Таблица 22. Максимальные значения коэффициентов $K_{n,0-20}$

Коэффициент $K_{n,0-20}$	Значение
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{137}Cs	0,25
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{90}Sr	0,44
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{241}Am	0,25
$K_{n,0-20}$ радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	0,25

Коэффициент переноса радионуклидов из почвы в растения K_n – коэффициент, определяющий отношение удельной активности i -го радионуклида в растениеводческой продукции к удельной активности i -го радионуклида в слое почвы от 0 до 20 см.

Для расчета значения K_n взяты из материалов МАГАТЭ – TECDOC-1616 [51] и приведены в таблице (Таблица 23).

Таблица 23. Значения K_n для растениеводческой продукции

Растениеводческая продукция	K_n			
	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am
Пшеница	$4,1 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-2}$	$8,1 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$
Картофель (клубни)	$3,3 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$
Овощи	$1,1 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-1}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$8,1 \times 10^{-4}$
Фрукты (плоды)	$3,6 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-1}$	$6,2 \times 10^{-5}$	$7,9 \times 10^{-4}$

Значения K_n получены для сухой массы растений, поэтому для пересчета удельной активности на сырую массу использовались данные МАГАТЭ [51, 52].

Процент содержания сухого вещества в сельскохозяйственной продукции представлен в таблице (Таблица 24).

Таблица 24. Содержание сухого вещества в сельскохозяйственной продукции

Вид растений	Сухое вещество, %
Пшеница (зерно)	88,0
Картофель (клубни)	49,0
Овощи	28,0
Фрукты (плоды)	18,4

Для пересчета сухой массы на сырой вес овощей и фруктов использованы значения, приведенные для капусты и винограда соответственно (как максимальные значения в своих подгруппах).

Значения удельной активности радионуклидов в растениеводческой продукции в каждой точке представлены в таблице (Таблица 25).

Таблица 25. Удельная активность радионуклидов в растениеводческой продукции

Точка отбора	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг															
	пшеница				картофель				овощи				фрукты			
	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Т.1	1,11×10 ⁻³	1,71×10 ⁻³	0,06	4,99×10 ⁻³	6,20×10 ⁻⁴	7,68×10 ⁻³	0,02	1,47×10 ⁻³	2,61×10 ⁻⁴	1,46×10 ⁻²	0,07	2,35×10 ⁻³	1,67×10 ⁻⁴	3,15×10 ⁻²	0,16	7,99×10 ⁻⁵
Т.2	2,42×10 ⁻⁴	5,32×10 ⁻⁴	0,04	1,60×10 ⁻³	1,35×10 ⁻⁴	2,39×10 ⁻³	0,02	4,74×10 ⁻⁴	5,67×10 ⁻⁵	4,54×10 ⁻³	0,06	7,56×10 ⁻⁴	3,63×10 ⁻⁵	9,77×10 ⁻³	0,13	2,57×10 ⁻⁵
Т.3	1,28×10 ⁻³	1,98×10 ⁻³	0,03	6,06×10 ⁻³	7,14×10 ⁻⁴	8,89×10 ⁻³	0,01	1,79×10 ⁻³	3,01×10 ⁻⁴	1,69×10 ⁻²	0,05	2,86×10 ⁻³	1,93×10 ⁻⁴	3,64×10 ⁻²	0,10	9,70×10 ⁻⁵

Средние значения удельной активности радионуклидов в растениеводческой продукции представлены в таблице (Таблица 26).

Таблица 26. Средние значения удельной активности радионуклидов в растениеводческой продукции

Культура	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг					
	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	ДУ*	⁹⁰ Sr	ДУ*	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Пшеница (зерно)	8,8×10 ⁻⁴	1,4×10 ⁻³	70	4,5×10 ⁻²	40	4,2×10 ⁻³
Картофель (клубни)	4,9×10 ⁻⁴	6,3×10 ⁻³	120	1,8×10 ⁻²	40	1,3×10 ⁻³
Овощи	2,1×10 ⁻⁴	1,2×10 ⁻²	120	6,0×10 ⁻²	40	2,0×10 ⁻³
Фрукты (плоды)	1,3×10 ⁻⁴	2,6×10 ⁻²	40	1,3×10 ⁻¹	30	6,8×10 ⁻⁵

Примечание: ДУ* – допустимые уровни содержания радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в растениеводческой продукции, установленные в Гигиенических нормативах [39].

Согласно полученным данным (Таблица 26), средние значения удельной активности радионуклида ¹³⁷Cs в растениеводческой продукции составляют: пшеница – 1,4×10⁻³ Бк/кг, картофель – 6,3×10⁻³ Бк/кг, овощи – 1,2×10⁻² Бк/кг и фрукты – 2,6×10⁻² Бк/кг; ⁹⁰Sr – 4,5×10⁻² Бк/кг, 1,8×10⁻² Бк/кг, 6,0×10⁻² Бк/кг и 1,3×10⁻¹ Бк/кг соответственно, что не превышает допустимых уровней, указанных в Гигиенических нормативах для растениеводческой продукции [39]. Удельная активность радионуклида ²³⁹⁺²⁴⁰Pu составляет: пшеница – 4,2×10⁻³ Бк/кг, картофель – 1,3×10⁻³ Бк/кг, овощи – 2,0×10⁻³ Бк/кг и фрукты – 6,8×10⁻⁵ Бк/кг; ²⁴¹Am – 8,8×10⁻⁴ Бк/кг, 4,9×10⁻⁴ Бк/кг, 2,1×10⁻⁴ Бк/кг и 1,3×10⁻⁴ Бк/кг соответственно. Содержание радионуклидов ²⁴¹Am и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в растениеводческой продукции не нормируется.

Выводы по разделу «Радиационное состояние растениеводческой продукции, которая может быть произведена в районе обследования»

Таким образом, по результатам обследования радиационного состояния растениеводческой продукции расчетным методом установлено, что в случае выращивания сельскохозяйственных культур (пшеница, картофель, фрукты и овощи) на территории СИП превышений удельной активности радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в продукции растениеводства не ожидается, удельная активность радионуклидов ²⁴¹Am и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в продукции растениеводства не нормируется.

2.6.2 Радиационное состояние животноводческой продукции, производимой в районе обследования

Расчетный метод определения удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции основан на измерении фекалий животных, отобранных на обследуемом земельном участке, исходя из предположения, что удельная активность радионуклидов в рационе животного соответствует удельной активности радионуклидов в фекалиях этого животного. Другими словами, удельная активность радионуклидов в фекалиях животного равна удельной активности радионуклидов в корме этого животного.

Далее, зная суточное потребление корма и коэффициент перехода радионуклидов из корма в животноводческую продукцию выполняется расчет удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции по формуле:

$$A_{m,i,прод} = V_{корм} \times A_{m,i,корм} \times K_{n,i,корм} \quad (10)$$

где:

$V_{корм}$ – суточное потребление корма, кг/сутки;

$A_{m,i,корм}$ – удельная активность i -го радионуклида в фекалиях животных, Бк/кг.

$K_{n,i,корм}$ – коэффициент перехода i -го радионуклида из корма на 1 килограмм (литр) продукции.

Для определения удельной активности радионуклидов в корме животных отобрано 10 проб фекалий в точках, расположенных приблизительно равномерно по всему обследуемому участку.

Схема расположения точек отбора проб фекалий нанесена на топографическую карту М-44-В масштаба 1:500000 (Рисунок 23).

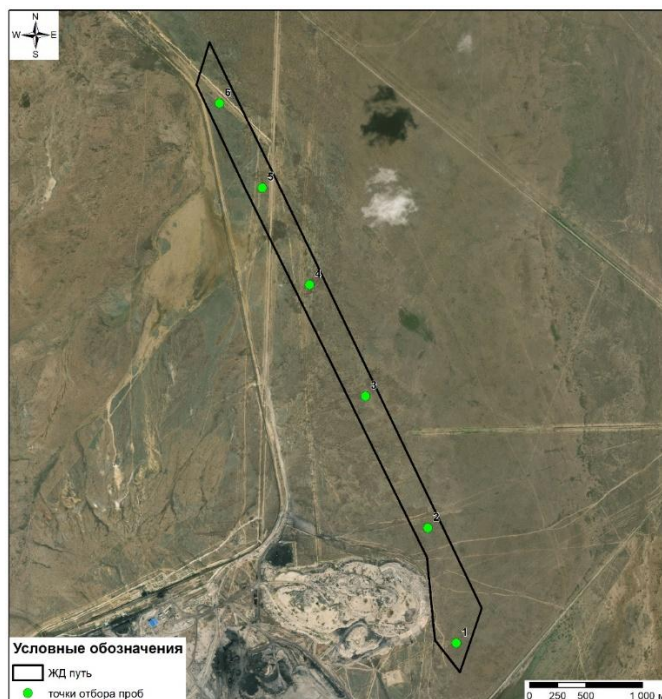


Рисунок 23. Точки отбора проб фекалий копытных животных

Методология отбора проб, подготовки их к анализам, анализ проб выполнялись в соответствии с нормативными документами [37, 38, 48].

Значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ представлены в таблице (Таблица 27).

Таблица 27. Удельная активность радионуклидов в фекалиях животных

Точка отбора	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг (на момент измерения)			
	¹³⁷ Cs	²⁴¹ Am	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
1	3,6 ± 0,7	0,5 ± 0,1	22±3	1,8±0,4
2	2,7 ± 0,5	<0,5	9,1±1,6	2,2±0,4
3	2,2 ± 0,4	1,2 ± 0,4	5,8±1,5	2,9±0,5
4	1,8 ± 0,3	<0,5	4,0±1,3	0,9±0,3
5	2,3 ± 0,5	<1,0	<1,9	2,3±0,5
6	1,8 ± 0,4	<0,8	2,8±0,9	2,8±0,5
Среднее значение	2,4	0,8	7,6	2,2

*Примечание: При расчете средних значений удельной активности значения, не превышающие минимально-детектируемую удельную активность приняты за количественные значения.

Для расчета удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции суточное потребление корма овцами и коровами принято равным 2 кг/сут и 15 кг/сут, для конины – 18 кг/сут. [53]. На основании этих данных и данных об удельных активностях радионуклидов в фекалиях животных рассчитано ожидаемое среднесуточное поступление радионуклидов при свободном выпасе на обследуемой территории. Так как при выпасе животные могут перемещаться по всей территории обследования, то для расчета взяты средние значения удельной активности радионуклидов, зафиксированные в фекалиях животных на этой территории.

Значения удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции для обследуемой территории рассчитаны по формуле (10). Расчет проводился для мясной и молочной продукции. В качестве мясной продукции выбрано мясо овец (баранина), конина и говядина, молочной продукции – коровье молоко, как наиболее распространенных в этом регионе.

Коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию взяты из документа МАГАТЭ TECDOC-1616 («Feed transfer coefficient») [49]. Оценка проводилась для копытных животных, наиболее распространенных на обследуемой территории (лось, косуля). Для косули взяты F_f , приведенные для овец, для лося – для крупного рогатого скота. В таблице (Таблица 28) приведены средние значения коэффициентов перехода радионуклидов в баранину и говядину.

Таблица 28. Коэффициенты перехода радионуклидов в животноводческую продукцию

Вид продукции	K_n из корма на 1 кг (л) продукции			
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²⁴¹ Am	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Баранина	$1,9 \times 10^{-1}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$5,3 \times 10^{-5}$
Коровье молоко	$4,6 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$4,2 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-5}$
Говядина	$2,2 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-6}$
Конина	$2,2 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-6}$

Ожидаемые значения удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции представлены в таблице (Таблица 29).

Таблица 29. Ожидаемые значения удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции

Радионуклиды	ДУ*, Бк/кг	Удельная активность, Бк/кг
Баранина		
²⁴¹ Am	не нормируется	$1,8 \times 10^{-4}$
¹³⁷ Cs	200	1,03
⁹⁰ Sr	50	$2,3 \times 10^{-2}$
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	не нормируется	$2,3 \times 10^{-4}$
Говядина		
²⁴¹ Am	не нормируется	$6,0 \times 10^{-3}$
¹³⁷ Cs	200	$8,9 \times 10^{-1}$
⁹⁰ Sr	50	$1,5 \times 10^{-1}$
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	не нормируется	$3,6 \times 10^{-5}$
Коровье молоко		
²⁴¹ Am	не нормируется	$5,04 \times 10^{-6}$
¹³⁷ Cs	100	$1,9 \times 10^{-1}$
⁹⁰ Sr	25	$1,5 \times 10^{-1}$
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	не нормируется	$3,3 \times 10^{-4}$
Конина		
²⁴¹ Am	не нормируется	$7,2 \times 10^{-3}$
¹³⁷ Cs	200	1,07
⁹⁰ Sr	50	$1,8 \times 10^{-1}$
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	не нормируется	$4,4 \times 10^{-5}$
Примечание: ДУ* – допустимые уровни содержания радионуклидов ¹³⁷ Cs и ⁹⁰ Sr в животноводческой продукции, установленные в Гигиенических нормативах [39].		

Согласно полученным данным (Таблица 29), максимальные значения удельной активности радионуклида ¹³⁷Cs в мясе и молоке составили 8,9 Бк/кг и 1,0 Бк/кг, ⁹⁰Sr – $2,3 \times 10^{-4}$ Бк/кг и 1,48 Бк/кг соответственно, что не превышает допустимых уровней, указанных в Гигиенических нормативах для мясомолочной продукции [39]. Максимальные значения удельной активности радионуклида ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в мясе и молоке составили $2,3 \times 10^{-4}$ Бк/кг и $4,3 \times 10^{-5}$ Бк/кг соответственно, ²⁴¹Am – $1,8 \times 10^{-4}$ Бк/кг и $7,2 \times 10^{-3}$ Бк/кг соответственно. Содержание радионуклидов ²⁴¹Am и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в мясомолочной продукции не нормируется.

Выводы по разделу «Радиационное состояние животноводческой продукции, которая может быть произведена в районе обследования»

Таким образом, по результатам обследования радиационного состояния животноводческой продукции расчетным методом установлено, что в случае ведения сельскохозяйственной деятельности на обследуемом земельном участке превышений удельной активности радионуклидов ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в мясомолочной продукции не ожидается.

2.7 ПОИСК РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

В разделе описана методология поиска радиоактивно-загрязненных техногенных объектов, которая выполняется с целью обнаружения источников радиоактивного загрязнения окружающей среды методом дешифрирования аэрофотоснимков и космических снимков района обследования. Равномерная сеть отбора проб поверхностного слоя почвы с шагом 1×1 км позволяет выявлять крупные пятна радиоактивного загрязнения, однако существует вероятность пропуска небольших локальных участков радиоактивного загрязнения. Как правило, подобные участки приурочены к объектам техногенного происхождения (скважины, могильники, штольни и др.). Дешифрирование выполняется с целью детального изучения местности и идентификации возможных радиационно-опасных объектов техногенного происхождения, образовавшихся в результате прохождения следов радиоактивных выпадений во время проведения ядерных испытаний на территории СИП. Это позволяет перекрыть возможные «пробелы» сети отбора проб и расширить возможности комплексного экологического обследования.

Выявление объектов техногенного характера, имеющих небольшие размеры (несколько квадратных метров), при учете значительных размеров обследуемой территории, невозможно

прямым поиском на местности. С целью обнаружения техногенных объектов, которые могут представлять радиационную опасность в настоящее время, проводится дешифрирование космических снимков обследуемой территории.

Дешифрирование выполняется комбинированным способом, который сочетает в себе процессы камерального и полевого дешифрирования.

При выполнении камеральных работ применялись визуальные методы дешифрирования космических снимков. Технология визуального метода основывается на сопоставлении доступного массива информации о ключевых участках (эталонах) с соответствующими фрагментами космических снимков. Исходные эталоны взяты на этапе полевых исследований, а также во время анализа картографических и архивных материалов. Полагаясь на данные из вышеупомянутых источников и основываясь на дешифровочных признаках специалистами-дешифровщиками и картографами, проведено визуальное дешифрирование (выявление, распознавание и анализ) объектов техногенного происхождения.

Исходными материалами для выполнения работ по дешифрированию послужили космические снимки с максимально доступным разрешением, полученные с различных картографических сервисов (Bing Maps, Google Maps с разрешением 1-40 м/п). Для увеличения эффективности работ все полученные космические снимки были сформированы по номенклатуре карт масштаба 1:25000.

В результате камерального дешифрирования космических снимков, на участке обследования площадью 159,06 га выявлен 1 объект техногенного происхождения. Для визуальной оценки всех выявленных объектов составлена обзорная карта (Рисунок 24). На все выявленные объекты техногенного характера составлен каталог, в котором указаны: схема расположения объектов на космическом снимке, номер объекта по схеме, географические координаты объектов и их ориентировочные характеристики.

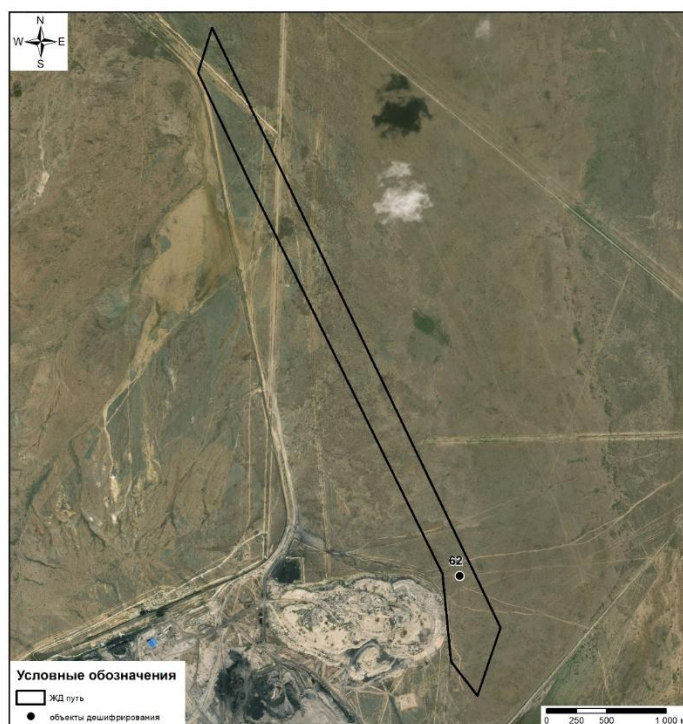


Рисунок 24. Результаты камерального дешифрирования

Визуальная оценка объектов на местности (полевое дешифрирование) заключается в сличении космического снимка с местностью. Этот способ обеспечивает полноту, качество и достоверность результатов дешифрирования.

Полевое дешифрирование включает в себя следующие этапы:

- выезд на месторасположение объекта (по географическим координатам, полученным в результате камерального дешифрирования);
- визуальный осмотр объекта, попадающего под описание, на местности;
- описание подробных характеристик объекта (размер, происхождение (техногенное или природное), особые приметы или характеристики);
- уточнение географических координат объекта;
- фотографирование объекта;
- измерение радиационных параметров;
- обновление каталога объектов.

При полевом дешифрировании обследован 1 объект техногенного происхождения. Согласно гигиеническим нормативам, объект, в случае превышения радиационных параметров на его поверхности, считается радиоактивно-загрязненным [39]. На всех дешифрированных объектах на территории исследования проведены измерения радиационных параметров – мощности эквивалентной дозы (МЭД) и плотности потока β -частиц. По результатам измеренных радиационных параметров радиоактивно-загрязненные объекты на территории обследования не обнаружены. Результаты измерения радиационных параметров на объектах дешифрирования составили:

- значения МЭД варьировались в пределах от 0,13 до 0,18 мкЗв/ч;
- значения плотности потока β -частиц составили <10 част/(мин \times см²).

Для составления схемы расположения всех выявленных объектов на обследуемой территории, как правило, все выявленные объекты группируются по основным характеристикам, наиболее часто встречающимся на всей исследуемой территории, например: здания и сооружения, объекты водопользования, различные развалины, ямы, траншеи и тому подобное. Объекты, которые не подходят ни к одному типу, выносятся как «прочее». Однако, на обследуемой территории выявлен всего 1 объект, который, по всем признакам вынесен в категорию «яма» (Рисунок 25).

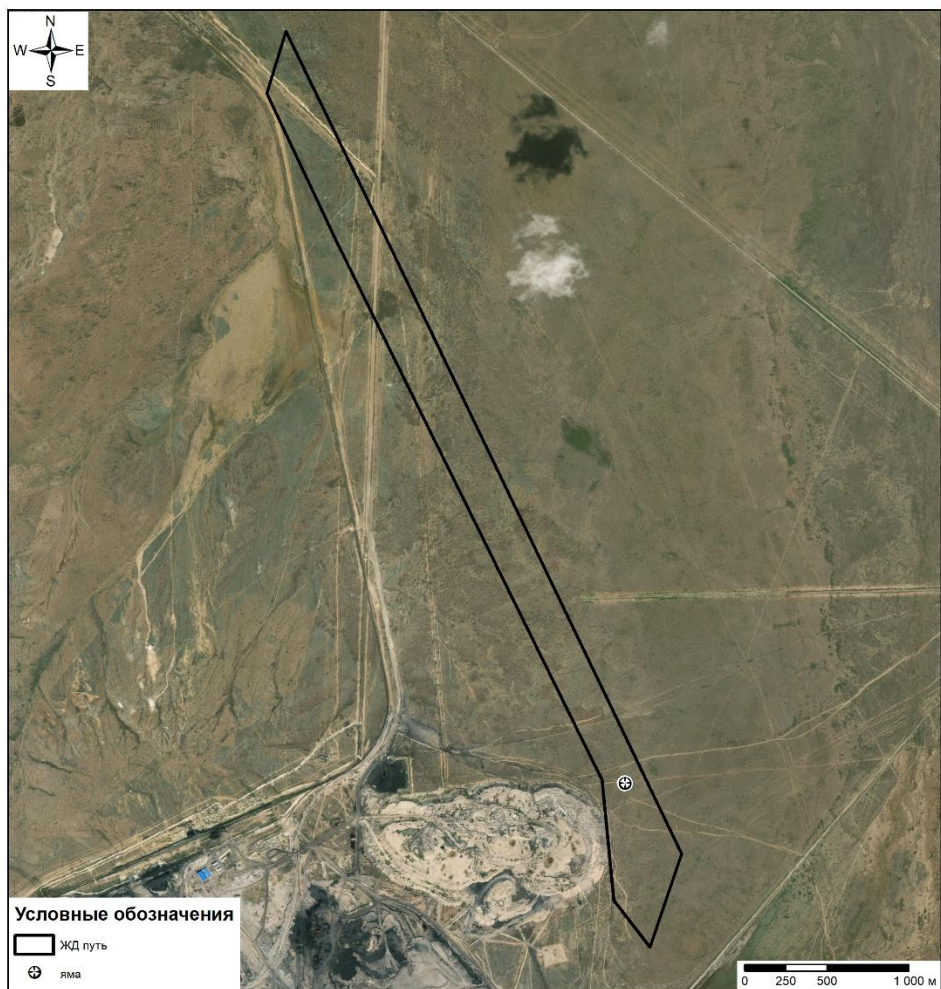


Рисунок 25. Результаты полевого дешифрирования

При дешифрировании участка площадью 159,06 га обследован 1 объект техногенного происхождения, который представляет собой яму размером 5х2х1 м., рядом с ямой расположены две насыпи диаметром 2 м. высота около 1 м (Рисунок 26). Географические координаты: широта 78°45'31,7", долгота 50°2'23,49". Значения МЭД варьируют от 0,13 до 0,18 мкЗв/ч. Плотность потока β -частиц составляет <10 част/(мин×см²).



Рисунок 26. Объект дешифрирования

Выводы по разделу «Поиск радиоактивно-загрязненных техногенных объектов»

В результате дешифрирования объектов техногенного происхождения на участке обследования площадью 159,06 га, объектов, представляющих радиационную опасность не обнаружено. Максимальные значения МЭД составили 0,18 мкЗв/ч, значения плотности потока β -частиц – <10 част/(мин \times см²).

3. РАСЧЕТ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

В разделе описан расчет доз облучения, которые может получить население от техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытаний, в случае проживания и/или ведения хозяйственной деятельности в районе обследования. Основным критерием для оценки степени радиационной безопасности человека, в случае проживания и/или ведения хозяйственной деятельности на обследуемом земельном участке, является годовая эффективная доза населения от техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытания ядерного оружия. Данный расчет выполняется на основании результатов содержания техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды и расчетной оценки возможного содержания радионуклидов в растениеводческой и животноводческой продукции.

Расчет годовой эффективной дозы населения от техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия, проводился в соответствии с методикой по проведению комплексного экологического обследования [2].

Ожидаемая годовая эффективная доза E_{ef} от техногенных радионуклидов выражена в виде суммы парциальных доз по j -м факторам радиационного воздействия:

$$E_{ef} = E_{\gamma} \times E_{inh} \times E_{ing}, \quad (11)$$

где:

E_{ef} – годовая эффективная доза населения от техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия, Зв/год;

E_{γ} – доза внешнего гамма-излучения радионуклидов от подстилающей поверхности, Зв/год;

E_{inh} – доза внутреннего облучения при ингаляционном поступлении радионуклидов в организм, Зв/год;

E_{ing} – доза внутреннего облучения от перорального поступления радионуклидов в организм, Зв/год.

Наиболее значимыми техногенными радионуклидами в поверхностном слое почвы на территории СИП с точки зрения внутреннего и внешнего облучения являются ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , а также ^3H в воде [2]. Значения дозовых коэффициентов, используемых при проведении оценок дозовых нагрузок от рассматриваемых путей облучения техногенными радионуклидами, приведены в таблице (Таблица 30). При расчете дозы внутреннего облучения радионуклидами от потребления воды данный путь поступления не учитывался, ввиду отсутствия поверхностных водоемов на исследуемой территории (п. 2.2.1). Годовое потребление продуктов питания приведено в таблице (Таблица 31). Значения площадной активности техногенных радионуклидов, среднегодовой объемной активности радионуклидов в воздухе, содержание радионуклидов в продуктах питания обследуемой территории приведены в таблицах (Таблица 9, Таблица 17, Таблица 25).

3.1 ДОЗА ВНЕШНЕГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ОТ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Доза от внешнего гамма-излучения радионуклидов от подстилающей поверхности проводилась расчетным путем на основе значений площадной активности радионуклидов:

$$E_{\gamma} = \sum E_{\gamma i}, \quad (12)$$

$$E_{\gamma i} = P_{\gamma i} \times T, \quad (13)$$

где:

E_{γ} – доза от внешнего гамма-излучения радионуклидов от подстилающей поверхности, Зв/год;

$E_{\gamma i}$ – доза внешнего гамма-излучения i -го радионуклида от подстилающей поверхности, Зв/год;

$P_{\gamma i}$ – мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на высоте 1 м от поверхности земли, Зв/с;

T – время облучения, с.

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на высоте 1 м от поверхности земли рассчитывалась согласно выражению:

$$P_{\gamma i} = \sum K_{\gamma i, \text{пов}} \times A_{Si}, \quad (14)$$

где:

$P_{\gamma i}$ – мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на высоте 1 м от поверхности земли, Зв/с;

$K_{\gamma i, \text{пов}}$ – мощность эквивалентной дозы при загрязнении i -м радионуклидом в количестве 1 Бк на 1 м², Зв×м²/с×Бк;

A_{Si} – площадная активность i -го техногенного радионуклида, образовавшегося в результате испытаний ядерного оружия, Бк/м².

Площадная активность радионуклидов в почве определялась согласно подразделу 2.1.3 (Таблица 9). Значения коэффициентов $K_{\gamma i, \text{пов}}$ для ряда техногенных радионуклидов представлены в таблице (Таблица 30).

Таблица 30. Значения коэффициентов, используемых при проведении оценок дозовых нагрузок

Коэффициент	Значения коэффициентов			
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
$K_{\gamma i, \text{пов}}, \text{Зв} \cdot \text{м}^2 / \text{с} \cdot \text{Бк}$	$2,92 \times 10^{-16}$	$2,8 \times 10^{-19}$	$3,6 \times 10^{-19}$	$1,2 \times 10^{-17}$

Для радионуклидов, не указанных в таблице (Таблица 30), коэффициент $K_{\gamma i, \text{пов}}$ рассчитывалась согласно выражению:

$$K_{\gamma i, \text{пов}} = K_{\gamma, \text{повCs-137}} \times \frac{\Gamma_i}{\Gamma_{\text{Cs-137}}}, \quad (15)$$

где:

$K_{\gamma, \text{повCs-137}}$ – коэффициент $K_{\gamma i, \text{пов}}$ для радионуклида ¹³⁷Cs (Таблица 30);

Γ_i – гамма-постоянная i -го радионуклида (справочная информация), для которого рассчитывается коэффициент $K_{\gamma i, \text{пов}}$, Зв×м²/с×Бк;

$\Gamma_{\text{Cs-137}}$ – гамма-постоянная ¹³⁷Cs, равная $2,81 \times 10^{-17}$ Зв×м²/с×Бк, приведенная в [54].

На основании полученной величины мощности дозы рассчитывается эффективная доза за время облучения T , с.

Согласно результатам проведенного расчета, ожидаемая годовая эффективная доза внешнего гамма-излучения при средних значениях техногенных радионуклидов на обследуемой территории составила $3,1 \times 10^{-4}$ мЗв/год, а при максимальных значениях – $4,4 \times 10^{-4}$ мЗв/год. Значения ожидаемой годовой эффективной дозы в каждой точке обследуемой территории приведены в таблице (Таблица 32).

3.2 ДОЗА ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ПОСТУПЛЕНИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ

Расчет дозы внутреннего облучения при ингаляционном пути поступления проводился на основании расчетных значений среднегодовой объемной активности радионуклида относительно его содержания в поверхностном слое почвы.

Ожидаемая годовая эффективная доза от поступления радионуклидов ингаляционным путем определялась по формуле:

$$E_{inh,i} = \sum q_i \times e_{inh,i}, \quad (16)$$

где:

$E_{inh,i}$ – доза внутреннего облучения при ингаляционном поступлении i -го радионуклида в организм, Зв/год;

q_i – годовое поступление i -го радионуклида в организм через дыхательный тракт, Бк/год;

$e_{inh,i}$ – дозовый коэффициент i -го радионуклида при поступлении его ингаляционным путем, Зв/Бк, значение которого рассчитывается согласно приложению 4 «Значения дозовых коэффициентов, пределов годового поступления с воздухом и пищей и допустимой объемной активности во вдыхаемом воздухе отдельных радионуклидов для критических групп населения» Гигиенических нормативов [39].

Величина годового поступления рассчитывалась согласно выражению:

$$q_i = A_{vi} \times V, \quad (17)$$

где:

q_i – годовое поступление i -го радионуклида в организм через дыхательный тракт, Бк/год;

A_{vi} – среднегодовая объемная активность i -го радионуклида в атмосферном воздухе, Бк/м³;

V – годовой объем вдыхаемого воздуха, м³, значение которого рассчитывается согласно нормам пункта 66 Гигиенических нормативов [39].

Согласно результатам проведенного расчета, годовая ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения от ингаляционного поступления при средних значениях техногенных радионуклидов на исследуемой территории составила $2,2 \times 10^{-4}$ мЗв/год, при максимальных значениях техногенных радионуклидов составила $3,2 \times 10^{-4}$ мЗв/год. Основным дозообразующим радионуклидом является $^{239+240}\text{Pu}$. Значения ожидаемой годовой эффективной дозы в каждой точке обследуемой территории приведены в таблице (Таблица 32)

3.3 ДОЗА ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ПЕРОРАЛЬНОГО ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ

Расчет ожидаемой эффективной дозы от поступления техногенных радионуклидов через пищеварительный тракт выполнялся по формуле:

$$E_{ing,i} = \sum q_{ing,i} \times e_{ing,i}, \quad (18)$$

где:

$E_{ing,i}$ – доза внутреннего облучения от перорального поступления i -го радионуклида в организм, Зв/год;

$q_{ing,i}$ – годовое поступление i -го радионуклида с продуктами питания, Бк/год;

$e_{ing,i}$ – дозовый коэффициент i -го радионуклида при поступлении его через пищеварительный тракт, Зв/Бк, значение которого рассчитывается согласно приложению 4 «Значения дозовых коэффициентов, пределов годового поступления с воздухом и пищей и допустимой объемной активности во вдыхаемом воздухе отдельных радионуклидов для критических групп населения» к Гигиеническим нормативам [39].

Годовое поступление радионуклидов $Q_{ing,i}$ определяется по их содержанию в основных пищевых продуктах рациона и величине годового потребления этих продуктов:

$$Q_{ing,i} = A_{mi} \times V_p, \quad (19)$$

где:

A_{mi} – удельная активность i -го радионуклида в p -ом пищевом продукте, Бк/кг;

V_p – годовое потребление p -го продукта питания, кг/год.

В таблице (Таблица 31) приведены усредненные по Республике Казахстан данные по пищевому рациону населения [55].

Таблица 31. Среднедушевые нормы потребления продуктов питания в Республике Казахстан

Наименование продукта	Молоко	Мясо	Хлеб	Картофель	Овощи	Фрукты
Потребляемое количество, кг/год	301	78,4	109	100	149	132

Согласно результатам проведенного расчета, годовая ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения от перорального поступления техногенных радионуклидов при максимальных значениях не превышает 0,012 мЗв/год. Основной вклад в дозу внутреннего облучения от перорального поступления вносит доза от потребления животноводческой продукции, где основным дозообразующим радионуклидом является ^{90}Sr (75%). Значения ожидаемой годовой эффективной дозы в каждой точке обследуемой территории приведены в таблице (Таблица 32).

Таблица 32. Расчетные значения годовой эффективной дозы облучения

№ точки	Годовая эффективная доза облучения, мЗв/год			Суммарная годовая эффективная доза
	внешнее гамма-излучение	ингаляционное поступление радионуклидов	пероральное поступление радионуклидов	
1	3,8E-04	2,7E-04	1,1E-02	1,2E-02
2	1,2E-04	8,4E-05	1,0E-02	1,1E-02
3	4,4E-04	3,2E-04	1,0E-02	1,1E-02

3.4 ГОДОВАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА НАСЕЛЕНИЯ ОТ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПЫТАНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Суммарная ожидаемая годовая эффективная доза при проживании и ведение деятельности на исследуемой территории не превышает 0,012 мЗв/год.

На основании расчетов построена карта суммарной годовой эффективной дозы облучения на человека (Рисунок 27).

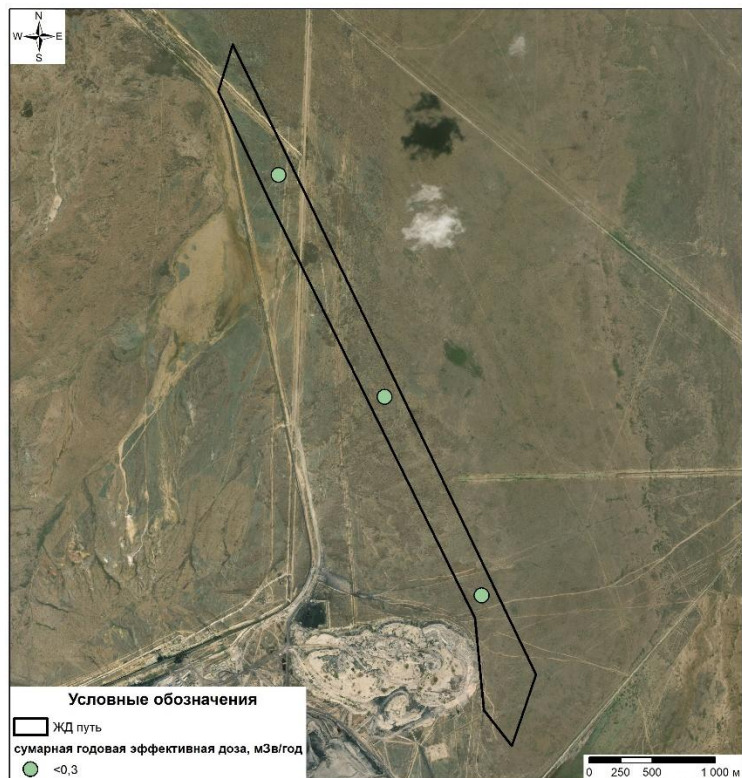


Рисунок 27. Суммарная годовая эффективная доза облучения на обследуемой территории

Выводы по разделу «Расчет доз облучения населения»

В результате оценки ожидаемых доз на население при условии проживания и ведении деятельности на исследуемом участке территории СИП, установлено, что ожидаемая годовая эффективная доза на человека при средних и максимальных значениях техногенных радионуклидов в почве не превышает уровень вмешательства 0,3 мЗв и основного предела доз на население – 1 мЗв [39]. Основной вклад в дозу на обследуемой территории вносит доза внутреннего облучения от перорального поступления, дозообразующим техногенным радионуклидом является ^{90}Sr ~71%.

4. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

В разделе описана прогнозная оценка состояния радиационной обстановки на территории участка «ЖД путь», прилегающего к угольному месторождению «Каражыра» через 10 лет, 50 лет и 100 лет.

4.1 ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Для прогноза изменения радиационной обстановки предполагается, что изменение уровня радиоактивности в основном происходит вследствие радиоактивного распада радионуклидов. Изменения уровня радиоактивности вследствие заглубления радионуклида, ветрового переноса и других видов миграции незначительны, и ими можно пренебречь.

Расчет изменения радиационной обстановки проводился на следующие моменты времени: 10 лет, 50 лет и 100 лет.

Содержание радионуклидов в почве на выбранные моменты времени рассчитывается согласно формуле:

$$A(t) = A_{\text{текущее}} \times k, \quad (20)$$

где:

$A_{\text{текущее}}$ – удельная активность радионуклида в почве на текущий момент времени, Бк/кг;

k – коэффициент, учитывающий уменьшение активности с течением времени (Таблица 33).

Таблица 33. Значения поправочного коэффициента k

Время, год	Радионуклид			
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
10	0,79	0,98	1,00	0,79
50	0,32	0,92	0,99	0,30
100	0,10	0,85	0,97	0,09

4.1.1 Прогнозная оценка изменения радиационного состояния почвенного покрова на территории участка «ЖД путь», прилегающего к угольному месторождению «Каражыра»

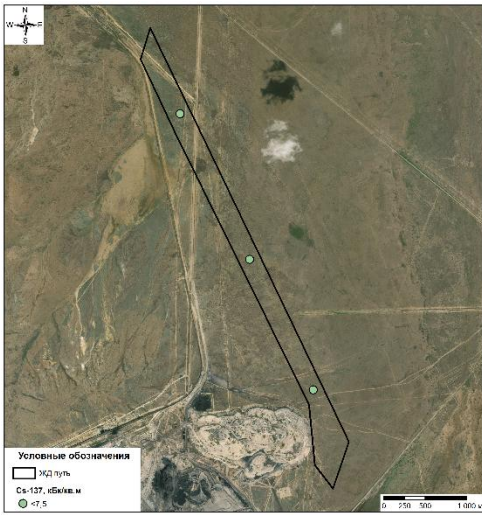
Расчет содержания радионуклидов в почве на моменты времени 10 лет, 50 лет и 100 лет проводился по формуле (20).

Максимальные значения площадной активности радионуклидов представлены в таблице (Таблица 34).

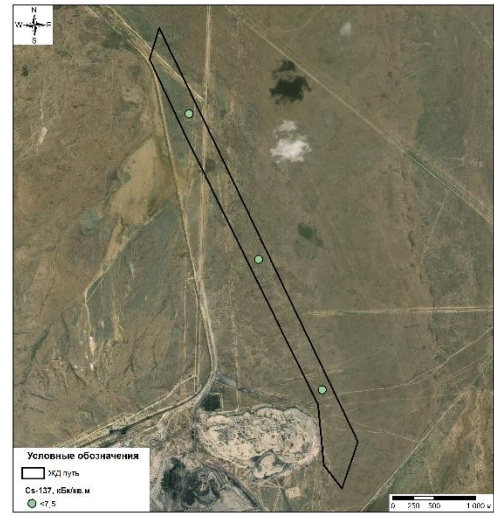
Таблица 34. Максимальные значения площадной активности радионуклидов

Время, год	Площадная активность, кБк/м ²			
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
10	0,036	0,041	0,213	0,013
50	0,015	0,039	0,211	0,005
100	0,005	0,036	0,207	0,001

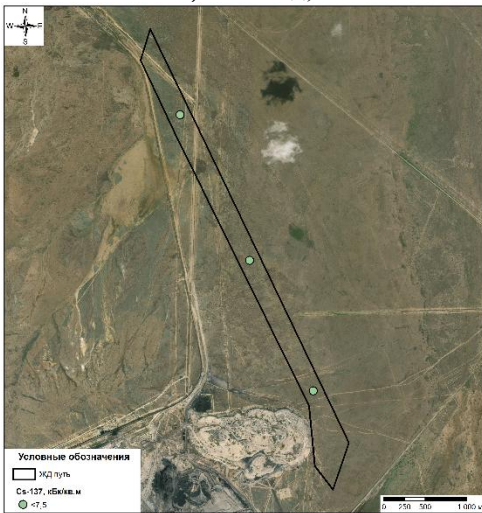
Согласно полученным результатам построены карты площадной активности радионуклидов в почвенном покрове через 10, 50 и 100 лет (Рисунок 28 – Рисунок 31).



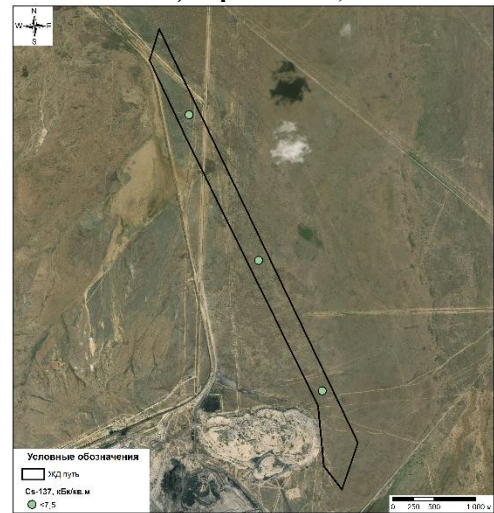
а) 2026 год;



б) через 10 лет;

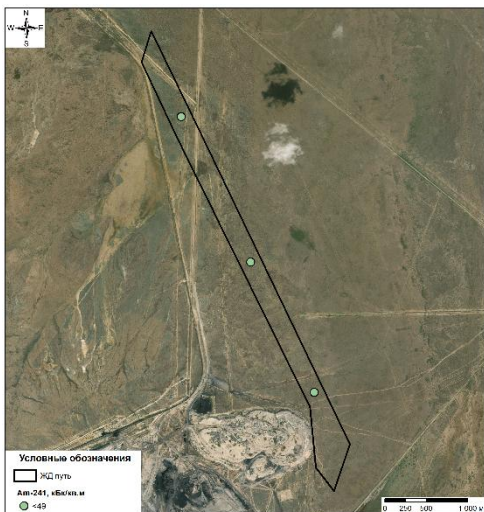


в) через 50 лет;

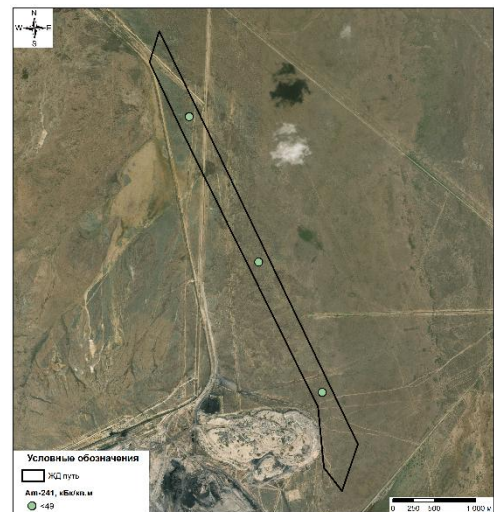


г) через 100 лет.

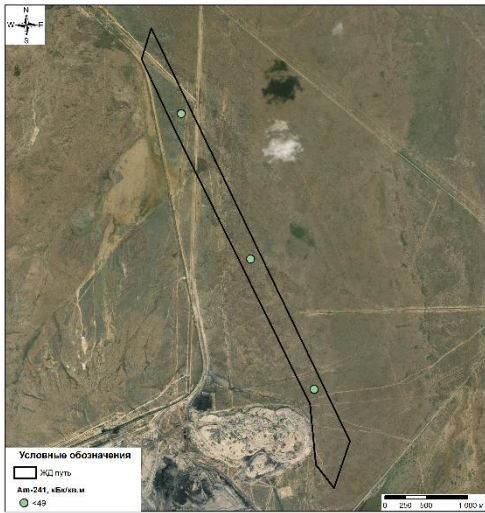
Рисунок 28. Распределение площадной активности ^{137}Cs в почве



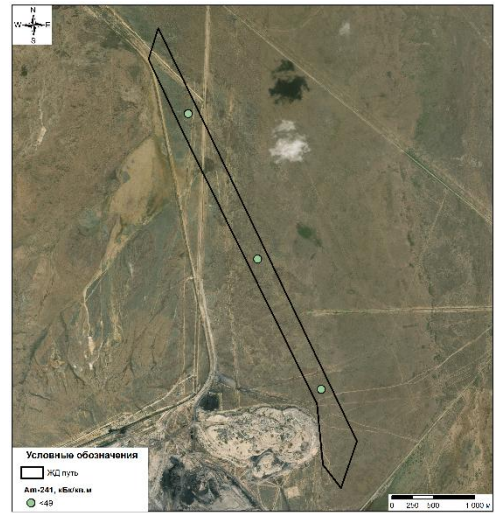
а) 2026 год;



б) через 10 лет;

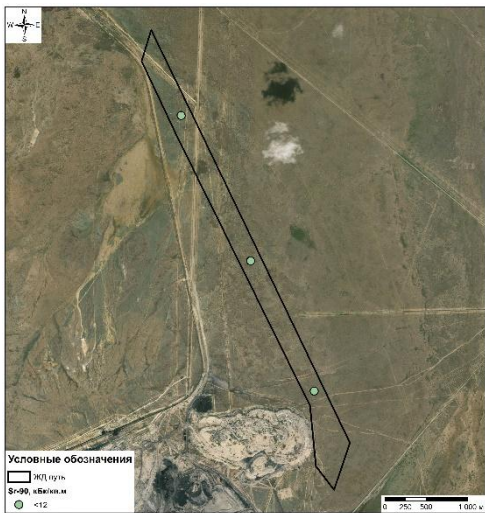


в) через 50 лет;

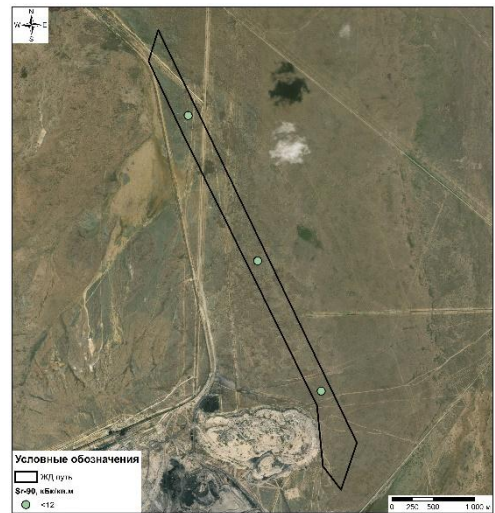


г) через 100 лет.

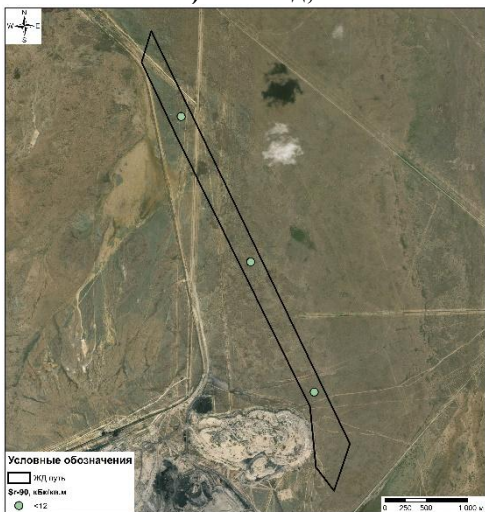
Рисунок 29. Распределение площадной активности ^{241}Am в почве



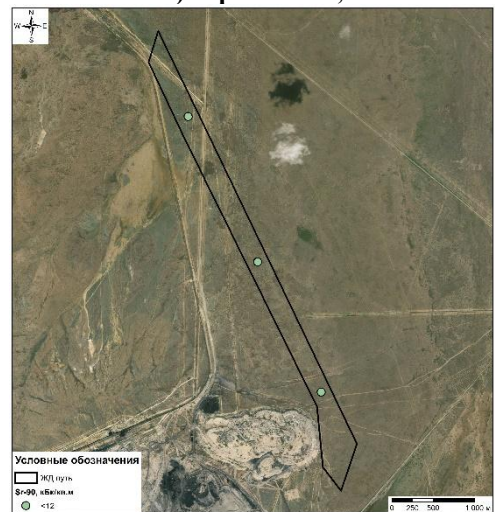
а) 2026 год;



б) через 10 лет;

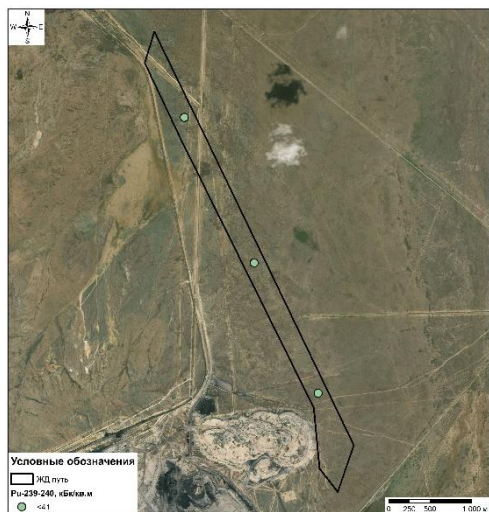


в) через 50 лет;

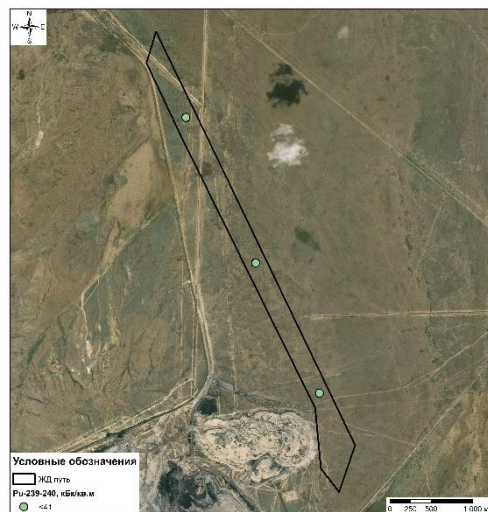


г) через 100 лет.

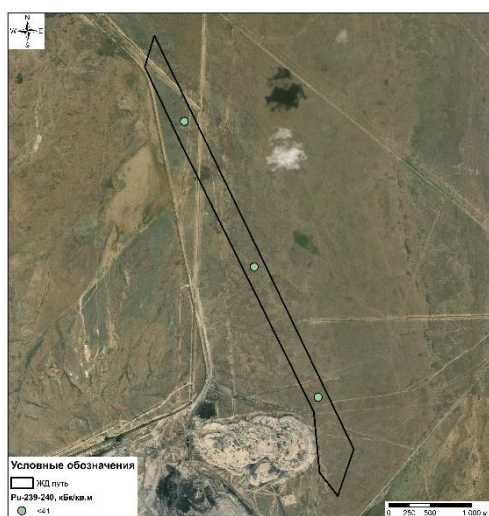
Рисунок 30. Распределение площадной активности ^{90}Sr в почве



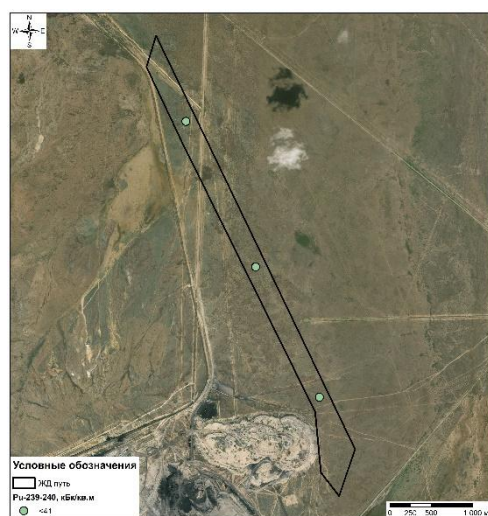
а) 2026 год;



б) через 10 лет;



в) через 50 лет;



г) через 100 лет.

Рисунок 31. Распределение площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$ в почве

Согласно полученным данным (Рисунок 28 – Рисунок 31), активность радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в разрезе 100 лет не увеличится.

Выводы по разделу «Прогнозная оценка изменения радиационного состояния почвенного покрова»

Согласно расчётной оценке, содержание искусственных радионуклидов в почве на территории участка «ЖД путь», прилегающего к угольному месторождению «Каражыра», через 10, 50 и 100 лет не увеличится и не будет превышать показателей для оценки состояния почв, указанных в «Критериях оценки экологической обстановки территорий» для ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr [40].

4.2 ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ В РАЙОНЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Для прогноза изменения радиационной обстановки предполагается, что изменение уровня радиоактивности в основном происходит вследствие радиоактивного распада радионуклидов. Изменения уровня радиоактивности вследствие заглубления радионуклида, ветрового переноса и других видов миграции незначительны и ими можно пренебречь.

Расчет изменения годовой эффективной дозы на обследуемой территории проводился на следующие моменты времени: 10 лет, 50 лет и 100 лет.

Таблица 35. Значения коэффициента, учитывающего уменьшение активности с течением времени

Время, год	Радионуклид			
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
10	0,79	0,79	1,00	0,98
50	0,30	0,32	0,99	0,92
100	0,09	0,10	0,97	0,85

Прогноз изменения ожидаемой годовой эффективной дозы на обследуемой территории при средних и максимальных значениях содержания радионуклидов в почве приведен в таблице (Таблица 36).

Таблица 36. Прогноз изменения ожидаемой годовой эффективной дозы на обследуемой территории

Время, год	Эффективная доза, мЗв/год			
	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Средние значения				
10	$3,0 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^{-3}$	$6,2 \times 10^{-4}$
50	$2,9 \times 10^{-4}$	$7,1 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-3}$	$6,2 \times 10^{-4}$
100	$2,6 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-4}$	$7,3 \times 10^{-4}$	$6,1 \times 10^{-4}$
Максимальные значения				
10	$3,5 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$6,9 \times 10^{-3}$	$8,8 \times 10^{-4}$
50	$3,3 \times 10^{-4}$	$7,6 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-3}$	$8,7 \times 10^{-4}$
100	$3,0 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-4}$	$7,9 \times 10^{-4}$	$8,5 \times 10^{-4}$

Согласно полученным результатам построены карты суммарной годовой эффективной дозы облучения через 10-100 лет (Рисунок 32).

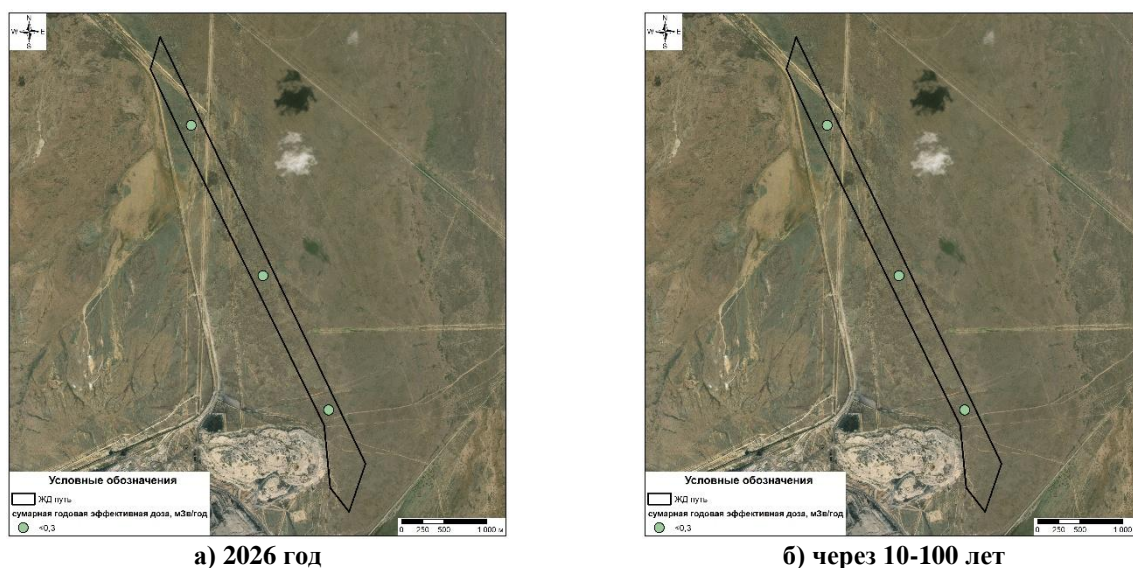


Рисунок 32. Прогнозная суммарная годовая эффективная доза облучения на обследуемой территории

Выводы по разделу «Прогноз изменения годовой эффективной дозы в районе обследования»
 Согласно расчетной оценке, основной вклад в суммарную годовую эффективную дозу вносит доза внутреннего облучения от перорального поступления радионуклида ⁹⁰Sr.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСПЫТАНИЙ

По результатам комплексного экологического обследования земельного участка железнодорожный путь, общей площадью 159,06 га значение годовой эффективной дозы на человека составляет менее 0,3 мЗв/год от техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия, следовательно, данная территория не представляет радиационной опасности для населения и не требует применения мероприятий по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия или ограничению доступа к радиоактивно-загрязненным участкам (Рисунок 27).

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ, И ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, НЕ ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

Согласно Критериям оценки экологической обстановки территорий, основным критерием, характеризующим степень радиоэкологической безопасности человека, проживающего на загрязненной территории, является среднегодовое значение эффективной дозы от техногенных источников ионизирующих излучений.

На обследованной территории СИП земельные участки делятся на два вида по параметру годового значения эффективной дозы от техногенных источников ионизирующих излучений:

1) участки, которые не представляют радиационной опасности для населения, в пределах которых значение годовой эффективной дозы на человека составляет менее 0,3 мЗв/год от техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия;

2) участки, которые представляют радиационную опасность для населения, в пределах которых годовая эффективная доза на человека составляет свыше 0,3 мЗв/год от техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия.

По результатам комплексного экологического обследования земельного участка железнодорожный путь, общей площадью 159,06 га значение годовой эффективной дозы на человека составляет менее 0,3 мЗв/год от техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия, следовательно, данная территория не представляет радиационной опасности для населения (Рисунок 27).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках экологического обследования проведена оценка радиационного состояния окружающей среды в пределах обследуемого участка «Железнодорожный путь», общей площадью 159,06 га, расположенного на территории СИП, согласно методике по проведению комплексного экологического обследования территорий, на которых проводились испытания ядерного оружия, утвержденной приказом Министра энергетики РК от 08.04.2022 г. № 126 [2], проведен расчет доз облучения населения, представлена прогнозная оценка состояния радиационной обстановки на территории обследования.

В результате проведенных работ установлено, что на обследуемом участке «Железнодорожный путь», общей площадью 159,06 га, значение среднегодовой эффективной дозы от техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия, не превышает 0,3 мЗв/год. Значение 0,3 мЗв/год является пороговым уровнем вмешательства, при превышении которого требуется проведение защитных мероприятий с целью ограничения облучения населения, в соответствии с приложением 16 «Нормативы вмешательства на загрязненных территориях» к Гигиеническим нормативам [39]. Таким образом, на обследованной территории нет необходимости в проведении мероприятий по обеспечению радиационной безопасности населения и ликвидации последствий ядерных испытаний, следовательно, территория потенциально может быть выведена из категории земель запаса СИП.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Закон Республики Казахстан от 5 июля 2023 года № 16-VIII ЗПК «О Семипалатинской зоне ядерной безопасности» – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z2300000016> (дата обращения 30.01.2026).
- 2 Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 8 апреля 2022 года № 126 «Об утверждении Методики по проведению комплексного экологического обследования территорий, на которых проводились испытания ядерного оружия» от 8 апреля 2022 года № 126. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200027680/links> (дата обращения 15.05.2026).
- 3 Проведение комплекса научно-технических и инженерных работ по приведению бывшего Семипалатинского испытательного полигона в безопасное состояние / Н.А. Назарбаев, В.С. Школьник, Э.Г. Батырбеков и др. - Курчатов, 2016 г. – 320 с.
- 4 Единая государственная информационная система Республики Казахстан «Единый Государственный Кадастр Недвижимости» (ЕГКН), – URL: <https://map.gov4c.kz/egkn/> (дата обращения 22.01.2026).
- 5 Отчет по комплексной геологической и инженерно-геологической съемке масштаба 1:50 000 с экологической направленностью на листах М-44-62-В-6,г, 62-Г-в; 74-А-6; 74-Б-а за 1992-94 годы. Директор геолого-геофизической ассоциации «Азимут» В.К. Закрякин, главный геолог геофизической ассоциации «Азимут» В.А. Каряев. – Караганда, 1995 г.
- 6 Кузьмин С.С., Сополев А.В., Кагарманов А.Х. Государственная геологическая карта СССР, Серия Чингиз-Саурская лист М-44-ХІХ (Объяснительная записка) / Министерство геологии СССР, Москва 1981 г. – 113 с.
- 7 Гидрогеология СССР том XXXVII Восточный Казахстан / под ред. Кузнецова А.П., – М.: «Недра», 1971.
- 8 Жунусов Р.С. Оценка эксплуатационных запасов дренажных вод угольного месторождения Каражыра Восточно-Казахстанской области по состоянию на 01.04.2002 г.
- 9 Куропаткин И.И. Отчет о результатах геологоразведочных работ с переоценкой эксплуатационных запасов дренажных подземных вод угольного месторождения «Каражыра» Восточно-Казахстанской области для технических целей (по состоянию на 01.01.2012 г.), г. Усть-Каменогорск, 2012 г.
- 10 Пичугин В.В. и другие. Информация о результатах гидрогеологических режимных работ, проведенных на площади угольного месторождения «Каражыра» в 1996, 1997, 1998, 1999, 2003, 2008, 2013, 2014, 2015 гг.
- 11 Dujseybayeva T., Chirikova M., Korneychuk V. [et al.] Report on the distribution and population density of the sand lizard *L. agilis* (SQUAMATA: LACERTIDAE) in former Semipalatinsk Nuclear Experimental Range with cadastre of lizard distribution in Semipalatinsk district// Вестник Университета «Семей». – 1999. – №8. – Р.117-123.
- 12 Хромов В.А., Даутбаев Р.Д. К орнитофауне Семипалатинской области: в сб. Абай даристері ғылым практикалық конференциясынын тезистері. – Семей, 1992.
- 13 Ковшарь А.Ф. Мир птиц Казахстана. – Алма-Ата: Мектеп, 1988. – 270 с.
- 14 Khromov V.A., Pilguk O.N. The Amphibian Fauna of Semipalatinsk Province, North-Eastern Kazakstan: In Herpetology' 97 (ed. Z. Rocek and S. Hart). – Prague, Czech Republic, 1997. – 152 p.
- 15 Хромов В.А., Сейсебаев А.Т. О фауне позвоночных животных урочища Балапан (Семипалатинский ядерный полигон) // Радиационная безопасность и социально-экологические проблемы Казахстана: сб. матер. Межд. конф. – Караганда: Ғылым, 1997. – С. 133-139.
- 16 Атаханова К.Я. Эколого-генетическая характеристика некоторых видов позвоночных животных, обитающих на территории Семипалатинского испытательного полигона // Радиационная безопасность и социально-экологические проблемы Казахстана: сб. матер. Межд. конф. – Караганда: Ғылым, 1998. – С. 121-129.
- 17 Rakhimzhanova A.K., Khromov V.A. Morphological study of the green frog (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) from eastern Kazakhstan province: In abstract of the Third Asian herpetological meeting. – Almaty, 1998. – P. 31.

18 Khromov V.A., Korneychuk D. On the morphology of *Lacerta agilis* (Eicwaid, 1831) from north-eastern Kazakhstan: In abstract of the Third Asian herpetological meeting. Almaty, 1998. – P. 57-58.

19 Хромов В.А. Позвоночные животные Семипалатинского региона // Вестник Университета «Семей». – 1999. – № 5-6. – С.56-65.

20 Березовиков Н.Н., Даутбаев Р.Д. Новые данные по распространению озерной лягушки *Rana ridibunda*, Pallas, 1771 на юго-востоке и востоке Казахстана // Вопросы герпетологии: Мат. первого съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского. – Пушино-на-Оке, 2000. – С. 26-28.

21 Дуйсебаева Т.Н., Березовиков Н.Н., Брушко З.К. [и др.] Озерная лягушка (*Rana ridibunda*) в Казахстане: изменение ареала в XX столетии и современное распространение вида. Современная герпетология. – Т. 3-4. – 2005. – С. 29-49.

22 Хромов В.А. К герпетофауне некоторых территорий семипалатинского испытательного ядерного полигона// Современные проблемы сохранения биоразнообразия: мат. межд. конф. – Алматы: Каз.НУ им. Аль-Фараби, 2006. – С. 136.

23 Хромов В.А., Кадырова Н.Ж., Паницкий А.В. О биоразнообразии позвоночных животных Семипалатинского испытательного ядерного полигона // Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и проблемы нераспространения: мат. III межд. науч.-прак. конф. – Курчатов: ДГП ИРБЭ НЯЦ РК, 2008. – С. 46-48.

24 Книга генетического фонда фауны Казахской ССР. Ч.1: Позвоночные животные. – Алма-Ата: Наука, 1989. – 212 с.

25 Быков Б.А. Красная Книга Казахской ССР. Ч. 1: Позвоночные животные. – Алма-Ата: Кайнар, 1978. – 203 с.

26 Птицы Казахстана/ под ред. И.А. Долгушина, М.Н. Корелова, А.Ф. Ковшаря. – Т. 1-5. – Алма-Ата: изд-во Акад. наук КазССР, 1960-1974.

27 Земельный кодекс Республики Казахстан от 20 июня 2003 года № 442-III (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.01.2026 г.) – URL: https://prg.kz/document/?doc_id=1040583 (дата обращения 30.01.2026).

28 Закон Республики Казахстан от 12 января 2016 года № 442-V «Об использовании атомной энергии» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 08.06.2024 г.) – URL: https://prg.kz/Document/?doc_id=35049151 (дата обращения 30.01.2026).

29 Закон Республики Казахстан от 16 мая 2014 года № 202-V «О разрешениях и уведомлениях» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 18.01.2026 г.) – URL: https://prg.kz/document/?doc_id=31548200 (дата обращения 30.01.2026).

30 Закон Республики Казахстан от 26 декабря 2019 года № 288-VI «Об охране и использовании объектов историко-культурного наследия» (с изм. по состоянию на 19.01.2026 г.) – URL: https://prg.kz/Document/?doc_id=34894354 (дата обращения 22.01.2026).

31 Письмо № 209/05 от 15.12.2025 г. и.о. руководителя аппарата Акимата района Жаңасемей области Абай Г. Сайлауовой.

32 Постановление акимата области Абай от 20 марта 2023 года № 58 «Об утверждении Государственного списка памятников истории и культуры местного значения» (с изменениями и дополнениями от 23.09.2025 г.) – URL: https://prg.kz/document/?doc_id=37277115 (дата обращения 22.01.2026).

33 Закон Республики Казахстан от 7 июля 2006 года № 175-III «Об особо охраняемых природных территориях» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 19.01.2026 г.) – URL: https://prg.kz/Document/?doc_id=30063141 (дата обращения 22.01.2026).

34 Земельный кодекс Республики Казахстан от 20 июня 2003 года № 442-III (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.01.2026 г.). Глава 13. Земли особо охраняемых природных территорий, земли оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения. Статья 122. Земли особо охраняемых природных территорий. П.1. – URL: https://prg.kz/document/?doc_id=1040583 (дата обращения 22.01.2026).

35 Постановление Правительства Республики Казахстан от 26 сентября 2017 года № 593

«Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий республиканского значения» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 02.12.2025 г.) – URL: https://prg.kz/Document/?doc_id=34556562 (дата обращения 30.01.2026).

36 ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб». – Введ. 2019–01–01. – Ассоциация "НП "КИЦ СНГ", 2019. – 5 с.

37 Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine». – Введ. 2015-03-31 № KZ.07.00.03126-2015. – Менделеево: ТОО «ЛСРМ», 2014. – 27 с.

38 Методика выполнения измерений «Определение удельной активности искусственных радионуклидов плутония-(239+240), стронция-90 в объектах окружающей среды: почвах, грунтах, донных отложениях и растениях»: утв. ген. директором РГП ИЯФ: зарегистр. В реестре ГСИ РК от 19.08.2021 № KZ 06.01.00308-2021. – Алматы: РГП ИЯФ РК, 2021. – 26 с.

39 Приказ Министра здравоохранения РК от 2 августа 2022 года № ҚР ДСМ-71 «Об утверждении гигиенических нормативов к обеспечению радиационной безопасности». – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029012> (дата обращения 30.12.2025).

40 Приказ и.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 13 августа 2021 года № 327 «Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий» (зарегистр. в Министерстве юстиции Республики Казахстан 16 августа 2021 года № 23994). – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023994> (дата обращения 30.02.2026).

41 ГОСТ Р 51592-2003. Вода. Общие требования к отбору проб. – Введ. 2005–01–01. – Астана.: Комитет по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан, 2003. – 73 с.

42 ҚР СТ ISO 1277-2017 Качество почвы. Определение гранулометрического состава минеральных почв. Метод просеивания и осаждения. – Астана: Нац.стандарт РК, 2017. – 36 с.

43 Ежегодный информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан, РГП «Казгидромет» – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayuschey-sredy> (дата обращения 20.02.2026).

44 ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб. – Введ. 1988-07-01. – М: Госстандарт СССР, 1987. – 9 с.

45 Временные допустимые уровни содержания радионуклидов в объектах контроля Минсельхоза Республики Казахстан, не вошедших в перечень Минздрава Республики, 22.02.94. – 3 с.

46 Капитонов В.И., Махмутов С.М. О распространении и экологии архара у северного предела ареала в Казахском нагорье // Редкие и исчезающие звери и птицы Казахстана. – Алма-Ата, 1977. – С. 7–21.

47 Холисова В., Обртель Р., Козена И. [и др.] Кормление // Европейская и сибирская косули / под редакцией Соколова В.Е. – М.: Изд. Наука, 1992. – С. 124-139.

48 СТ РК 1509-2006 Радиационный контроль. Отбор проб пищевых продуктов. Общие требования. – Введ. 2007–01–07. – Астана.: РГП «КАазИнСт» РК, 2006. – 21 с.

49 Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments: IAEA-TECDOC–1616 // International Atomic Energy Agency. – Vienna: IAEA, 2009. – 616 p.

50 Определение эффективной дозы ионизирующего излучения на персонал и население (приложение № 1 к приказу Председателя Комитета государственного санитарно-эпидемиологического надзора от 8 сентября 2011 года № 194).

51 Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments: Technical reports series, ISSN 0074–1914; no. 472 // International Atomic Energy Agency. – Vienna: IAEA, 2010. – 196 p.

52 Оптимизация исследований территорий Семипалатинского испытательного полигона с целью их передачи в хозяйственный оборот: монография/ под рук. Лукашенко С.Н.// Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана / Ин-т радиационной безопасности и экологии РГП НЯЦ РК. – Павлодар: ТОО «Дом печати», 2015. – Вып. 5. – 357 с.

53 Калашников А.П., Клейменов Н.И., Баканов В.Н. [и др.] Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

54 Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиоактивные выбросы в биосфере: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.

55 Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 9 декабря 2016 года № 503 «Об утверждении научно обоснованных физиологических норм потребления продуктов питания – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014674> (дата обращения 22.01.2026).