

И. о. генерального директора
РГП НЯЦ РК

« 22 » 3/05 2026 г.

[Handwritten signature]

г. Курчатов, 2026 г.

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.....	9
1.3.1 Характеристика климатических условий воздушной среды	9
1.3.2 Характеристика водных ресурсов	10
1.3.3 Земельные ресурсы и почвы	12
1.3.4 Геологическая среда и недра	13
1.3.5 Растительный мир (флора)	16
1.3.6 Животный мир (фауна).....	20
1.4 СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СРЕДА.....	20
1.5 ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ	21
1.6 НАЛИЧИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	21
2. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК.....	22
2.1 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА	22
2.1.1 Определение удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова	22
2.1.2 Определение удельной активности радионуклидов по глубине почвенного профиля	30
2.1.3 Определение площадной активности радионуклидов	33
2.2 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ НЕДР	38
2.2.1 Определение удельной активности радионуклидов в минеральном сырье (каменном угле)	39
2.2.2 Определение удельной активности радионуклидов в отходах добычи и переработки угля (угольный шлам, вскрышные породы).....	44
2.3 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД	50
2.3.1 Определение удельной активности радионуклидов в поверхностных водах	50
2.3.2 Определение удельной активности радионуклидов в подземных водах	51
2.4 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	52
2.4.1 Определение среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе расчетным методом	52
2.5 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА.....	57
2.6 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖИВОТНОГО МИРА	59
2.6.1 Определение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ в мышечных тканях (в мясе) диких животных расчетным методом.....	59
2.7 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, ПРОИЗВОДИМОЙ В РАЙОНЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ	61

2.7.1 Радиационное состояние растениеводческой продукции, которая может быть произведена в районе обследования	62
2.7.2 Радиационное состояние животноводческой продукции, которая может быть произведена в районе обследования	64
2.8 ПОИСК РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	66
3. РАСЧЕТ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ	71
3.1 ДОЗА ВНЕШНЕГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ОТ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ	71
3.2 ДОЗА ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ПОСТУПЛЕНИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ	72
3.3 ДОЗА ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ПЕРОРАЛЬНОГО ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ	73
3.4 ГОДОВАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА НАСЕЛЕНИЯ ОТ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПЫТАНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ	74
4. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ	76
4.1 ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	76
4.1.1 Прогнозная оценка изменения радиационного состояния почвенного покрова на территории участка «Угольный разрез», прилегающего к угольному месторождению «Каражыра»	76
4.2 ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ В РАЙОНЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	81
5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСПЫТАНИЙ.....	83
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ, И ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, НЕ ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ.....	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	86
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ АНАЛИЗОВ ПРОБ ПОЧВЫ (0-5 СМ)..	90
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. РАСЧЕТНАЯ УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ^{90}Sr	91
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. РАСЧЕТНАЯ УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ $^{239+240}\text{Pu}$	92
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ЗНАЧЕНИЯ ПЛОЩАДНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ	93
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ	94
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. КАТАЛОГ ОБЪЕКТОВ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА	97
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. ОЖИДАЕМАЯ ГОДОВАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА НА НАСЕЛЕНИЕ ...	119

ВВЕДЕНИЕ

Материалы комплексного экологического обследования земельного участка железнодорожный путь, общей площадью 4315,57 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 угольный разрез, общей площадью 4315,57 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 4315,57 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).

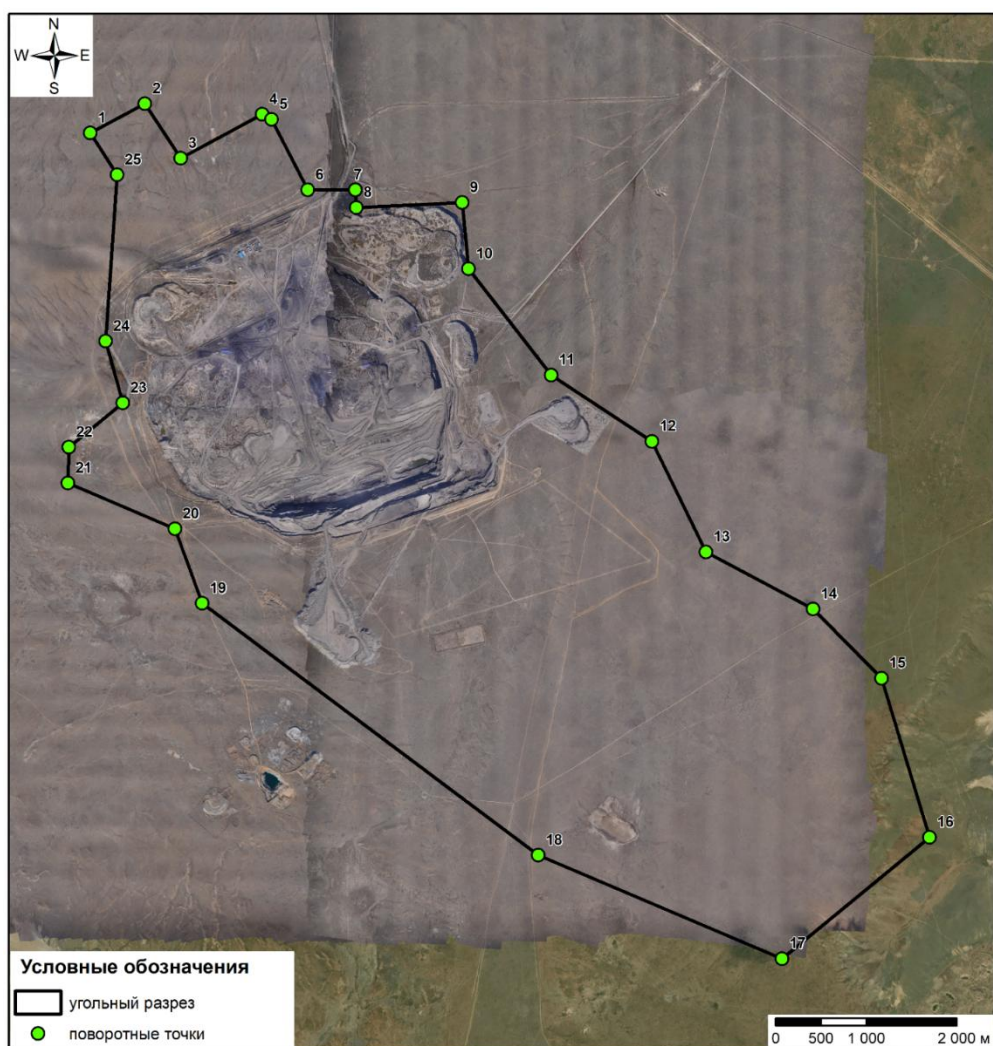


Рисунок 2. Схема расположения поворотных точек участка обследования

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	02	45,13	78	41	57,27
2	50	02	56,14	78	42	27,10
3	50	02	37,07	78	42	47,95
4	50	02	53,63	78	43	32,30
5	50	02	51,90	78	43	37,64
6	50	02	27,13	78	43	58,82
7	50	02	27,65	78	44	25,19
8	50	02	21,35	78	44	25,99
9	50	02	24,28	78	45	24,68
10	50	02	00,62	78	45	29,31
11	50	01	23,53	78	46	16,84
12	50	01	00,91	78	47	13,85
13	50	00	21,93	78	47	45,61
14	50	00	02,63	78	48	45,80

№ точки	Географические координаты					
	северная широта			восточная долгота		
	°	'	''	°	'	''
15	49	59	38,63	78	49	24,84
16	49	58	42,24	78	49	54,04
17	49	57	57,31	78	48	34,24
18	49	58	31,74	78	46	17,65
19	49	59	58,14	78	43	07,33
20	50	00	24,53	78	42	50,99
21	50	00	39,67	78	41	50,92
22	50	00	52,52	78	41	50,70
23	50	01	08,94	78	42	19,93
24	50	01	30,81	78	42	9,34
25	50	02	30,46	78	42	12,86

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 имеют место присущие мелкосопочнику два морфогенетических типа рельефа денудационно-эрозионный и аккумулятивный (Рисунок 3).

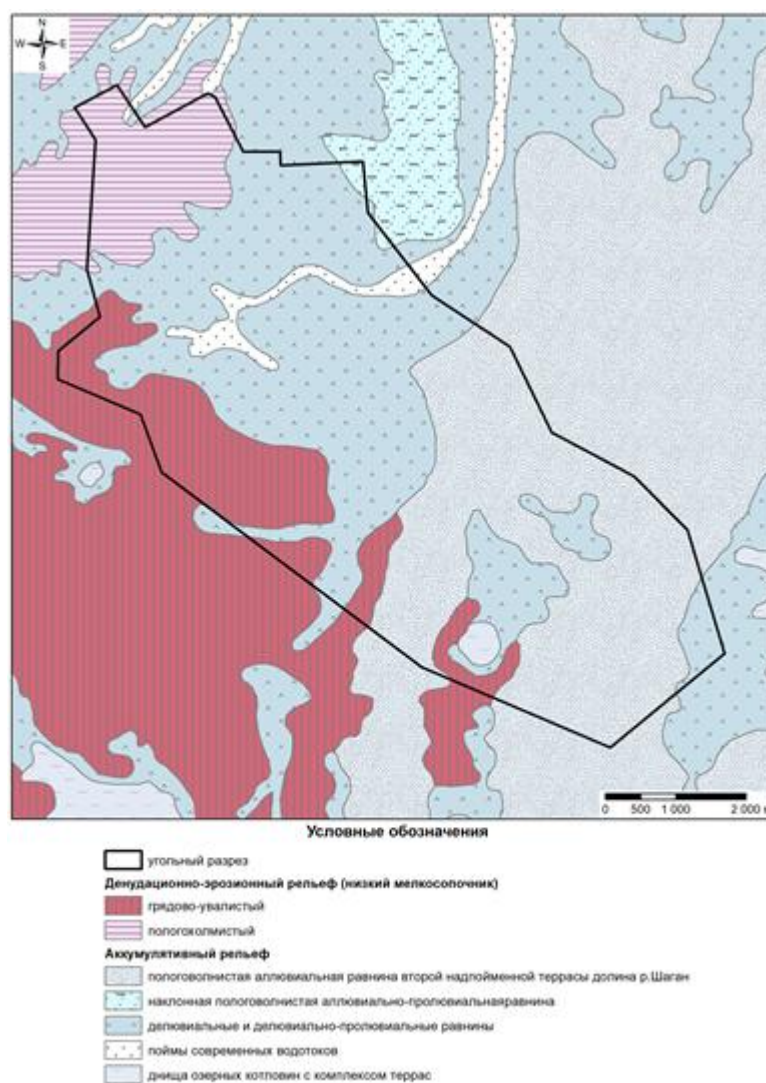


Рисунок 3. Геоморфологическая схема района угольного месторождения Каражыра

Денудационно-эрозионный рельеф. Этот тип рельефа представлен низким мелкосопочником и выделяется только в западной половине территории двумя разновидностями рельефа. Они представляют собой результат денудационно-эрозионных процессов на фоне общего подъёма Центрального Казахстана, особенно активно проявившихся в четвертичное время на площади развития мезозойской поверхности и континентального выравнивания денудационных поверхностей палеогена и неогена.

Грядово-увалистый рельеф развит на абсолютных высотах 300-376 м. Характерной его особенностью является общее понижение уровней поверхности, естественно, уменьшение абсолютных отметок в северном и восточном направлениях в сторону долин рек Иртыш и Шаган. Мелкосопочник сформировался на поверхности, сложенной вулканогенно осадочными и интрузивными палеозойскими породами, и фиксирует границы распространения четвертичных отложений. В юго-западной части территории преобладающими формами рельефа являются пологие холмы с небольшими относительными превышениями (5-20 м) и пологие с плавными очертаниями гряды. Северо-западная ориентация последних в пределах Кишкенсорской, Каражирекской и Северо-Каражирекской складчатых структур обуславливает наличие структурных форм рельефа. На площади Такырсорского и других интрузивных массивов преобладают пологие неориентированные холмы, обусловленные разной устойчивостью к агентам денудации пород отдельных фаз, даек и жил. Пологие склоны и волнистые водоразделы, как правило, покрыты щебнистыми элювиальными образованиями – продуктами разрушения наиболее устойчивых пород. Достаточно часто встречаются положительные структурные формы рельефа в виде препарированных кварцевых жил и даек. Особенностью поверхности Такырсорского плагитогранитного массива является наличие здесь скульптурных форм рельефа типа «койтас» или «бараньи лбы». Кроме того, вдоль дугообразного разлома развит дайковый пояс, который обусловил образование куэстообразных форм. Местами в межсопочных и межгрядных понижениях сохранилась кора выветривания в виде глинисто-щебнистых образований.

Пологохолмистый рельеф имеет место только в северной части участка. Этот рельеф развит на верхних мел-эоценовых образованиях и располагается на абсолютных высотах от 300 до 376 м. Отмечается общее понижение уровня рельефа на север и северо-восток. Максимальные высоты наблюдаются в западной части территории на площадях развития эоценовых отложений, где выделяются две крупные изометричные в плане сопки с очень пологими склонами, переходящими в платообразную слабоволнистую поверхность. Характерным является образование отдельных структурных форм рельефа на участках развития сливных песчаников, гравелитов, брекчий. На севере территории, в районе поселка Балапан, полого холмистый рельеф располагается на отметках 290-318 м и представляет собой мелкосопочный массив, возвышающийся над аллювиально-пролювиальной равниной. Особенностью рельефа является наличие множества отдельных изометричных пологих холмов, расчленённых разнонаправленными сухими логами и седловинами.

Аккумулятивный рельеф. Большая часть территорий 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, днища озерных котловин с комплексом террас.

Пологоволнистая аллювиальная равнина второй надпойменной террасы реки Шаган занимает почти всю восточную половину 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.

Поймы современных водотоков приурочены к двум безымянным речкам в северной части территории. Истоки их находятся на восточном склоне мелкосопочного массива с триангуляционным пунктом 376 м (Могила). Поверхности делювиально-пролювиальных шлейфов имеют извилистый характер. Ширина их колеблется от 100 м до 2 км. На некоторых участках, в частности, на уровне поселка Балапан, в поймах отчетливо выделяется совершенно лишенная растительности низкая пойма и сохранившиеся фрагменты высокой. Русло реки извилистое, четко выраженное на общем фоне пойм, выполнено песчано-галечным материалом [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
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

п/п	Параметры	Значения
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 Семиарка представлены в таблице (Таблица 3).

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

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. Руслы 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].

На исследуемом участке угольного разреза идентифицировано 6 поверхностных водных объектов: 2 – озера, 2 – ручьи, 2 – водоемы, образованные в результате ведения хозяйственной деятельности (котлованы, заполненные водой).

1.3.2.2 Гидрогеология

В гидрогеологическом отношении Каражырский грабен представляет собой небольшой субартезианский бассейн, где основные запасы подземных вод приурочены к отложениям нижней юры. Вышележащие мел-палеогеновые и неогеновые образования рассматриваются как

СХМАТИЧЕСКАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРАЗЫРА
 Масштаб 1:100 000

Основные обозначения

- Q_{all} Локально - слабоводоносный верхнечетвертичный - современный озерный горизонт. Илы, суглинки, суглинки
- Q_{all}^{loc} Локально - водоносный верхнечетвертичный - современный аллювиально - пролювиальный горизонт. Супеси, пески с дресвой и гравием
- Q_{all}^{loc} Локально - слабоводоносный верхнечетвертичный - современный делювиально - пролювиальный горизонт. Суглинки с дресвой и гравием
- N Водоупорный неогеновый горизонт. Красные и светло - серые глыны, загипсованные, с линзами песков
- K-P Водоупорный локально - водоносный, верхнемеловой - эоценовый комплекс. Пестрые глыны с линзами и прослоями песков, галечников
- T-2 Водоносный верхнетриасовый - среднетриасовый угленосный комплекс. Конгломераты, песчаники, аргиллиты, алевролиты, угли
- T-1 Водоносная зона трещиноватости нижнекаменноугольных - нижнепермских интрузивных пород. Граниты, диориты, габбро - диабазы, габбро-диориты, диориты
- D-C Водоносная зона трещиноватости верхнедевонских верхнекаменноугольных вулканогенно - осадочных отложений. Песчаники, алевролиты, гравелиты, конгломераты с пачками углестых аргиллитов, андезитов, их туфы, туфогинчаники, яшмы и яшмовкварциты
- 328 Гидрогеогнсы подземных вод в абсолютных отметках по данным на 2012 г. Основное направление движения подземных вод
- 541 Граница депрессионной воронки по состоянию на 2012 г.
- Наблюдательная скважина. Вверху-номер скважины
- Босая скважина

3. Минерализация и химический состав

1-3 г/л $\begin{matrix} + & + \\ + & + \end{matrix}$ 3,0-5,0 г/л $\begin{matrix} L & L \\ L & L \end{matrix}$ 5-10 г/л $\begin{matrix} \Delta & \Delta \\ \Delta & \Delta \end{matrix}$ более 10 г/л

Граница участков с различной минерализацией воды

Химический состав воды

- Хлоридная
- Сульфатно-хлоридная
- Хлоридно-сульфатная
- Разлом установленный

Гидрогеологический разрез по линии II-II
 Масштаб: горизонтальный 1:100 000
 вертикальный 1:2 000

по линии I-I

Основной водоносный горизонт в пределах месторождения Каражыра представлен нижнеюрским водоносным комплексом. С этим водоносным комплексом связаны основные объемы водопритоков в карьер для добычи угля. В плане нижнеюрский водоносный комплекс на площади месторождения имеет повсеместное распространение. Северная и южная граница его проходит по зонам региональных разломов, а западная и восточная границы устанавливаются далеко за пределами месторождения.

Нижнеюрский водоносный комплекс объединяет породы трех свит: надугленосный (J₁nug), угленосный (J₁ug) и подугленосный (J₁rug), общей мощностью в восточной части грабена до 700 м. Угленосная свита представлена песчаниками, алевролитами, аргиллитами, пластами угля и редкими прослоями гравелитов и конгломератов. В разрезе двух других свит преобладают конгломераты, гравелиты и песчаники. На площади западной половины месторождения надугленосные отложения отсутствуют.

Мощность триас-юрского водоносного комплекса изменяется от 21 до 146,3 м, преобладают мощности от 25 до 50 м. В основной своей массе воды безнапорные, и только в древних ложбинах, где триас-юрские отложения перекрыты неогеновыми глинами значительной мощности, подземные воды имеют напор до 2-8 м. Пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах от 1,8 до 29,9 м.

За период отработки карьера на месторождении было пробурено более 40 наблюдательных скважин.

По данным расходомерии, количество водоприточных зон изменяется от 2 до 15. Верхняя граница водоприточных зон установлена в пределах от 5,0 до 55,0 м от поверхности земли, нижняя – от 21,0 до 157 м.

В связи с разработкой опытно-промышленного карьера, на месторождении «Каражыра» сформировался техногенный очаг разгрузки подземных вод. Первоначально, уровни подземных вод располагались на глубинах 1,77-20,30 м от поверхности земли (абсолютная отметка

статического уровня 306,5-307,0 м), но при постоянном действующем карьерном водоотливе они постепенно снижались с интенсивностью 0,25-1,30 м в год.

За период 1994-2011 гг. снижение уровней подземных вод в центре депрессии от карьерного водоотлива достигло 21,7 - 42,60 м. При этом, по отдельным скважинам (№№ 472, 481, 509, 529, 553), расположенным в области накопления дренажных вод и в районе пруда-испарителя, уровень воды поднялся на 0,33-2,95 м.

За период 2011-2015 гг. снижение уровней достигло 0,1-30,1 м, а в скважинах, расположенных в области накопления дренажных вод, уровень воды поднялся на 0,75-1,33 м. Дебит по скважинам варьируют в пределах 0,03-1,2 дм³/с при понижениях уровня 1,7-47,1 м, удельные дебиты оцениваются 0,0006-0,71 дм³/с. Дебиты скважин во время прокачек изменяются в незначительных пределах: от безводных до 3-5 дм³/с при понижениях уровня 3,2-22,0 м. Наиболее высокодебитные скважины приурочены к полосе, примыкающей к зоне южных разломов (скважины №№ 471, 472, 473, 501, 529), были прокачены с дебитами от 0,4 дм³/с до 5,0 дм³/с. Скважина № 515, расположенная между озерами Каражрек и Кишкенесор, характеризуется дебитом 3,0 дм³/с.

Расчетные гидрогеологические параметры, по результатам буровых и опытно-фильтрационных работ, характеризуются следующими значениями: коэффициент водопроницаемости – от 9,0 до 60,0 м²/сут и в зонах тектонических нарушений составляет 108,0-127,0 м²/сут (скв. №№ 467, 510) до 284 м²/сут (скв. № 470). Средневзвешенные его значения по глубинам отработки составляют 35 м²/сут (до Н=50 м) и 22 м²/сут (до Н=150 м); коэффициенты уровнепроницаемости изменяются в пределах от 1,2х10³ м²/сут до 5,4х10³ м²/сут, среднее значение – 2,8х10³ м²/сут. Водоотдача составляет соответственно 0,01–0,03. Коэффициент фильтрации колеблется от 0,06 до 0,068 м/сут. Для нижней зоны массива скальных углевмещающих пород и угля водоотдача принята 0,0001.

Общая минерализация вод и их химический состав зависят от условий питания. Условия питания водоносного комплекса нижнеюрских отложений неблагоприятные из-за широкого распространения неогеновых глин и четвертичных суглинков, а также наличия в его разрезе слабопроницаемых суглинков (более монолитных) пород.

Наиболее маломинерализованные воды с общей минерализацией до 5 г/л распространены в южной и западной частях площади местного питания и активного водообмена. Отдельные участки распространения таких вод встречены на водораздельной части между месторождением и озерными котловинами на юге. По типу воды сульфатно-хлоридные кальциево-натриевые. Следующая зона подземных вод с минерализацией 5-10 г/л узкой полосой отделяет озерную котловину Каражрек-Кишкенесор от озерной котловины Клякса и месторождения «Каражыра». Воды сульфатно-хлоридные магниево-кальциево-натриевые и магниево-натриевые. В озерных котловинах (Каражрек, Кишкенесор) выделена зона подземных вод с минерализацией более 50 г/л. По типу воды хлоридные магниево-натриевые.

Следующая зона подземных вод с минерализацией 25-50 г/л, воды хлоридные, кальциево-натриево-магниевые. Значительная часть территории месторождения имеет подземные воды с минерализацией 12-25 г/л. Воды сульфатно-хлоридные, хлоридные магниево-натриевые.

В пределах месторождения воды с меньшей минерализацией 4,4-12 г/л установлены в юго-западной его части ближе к предполагаемой области питания. А наибольшей минерализацией (30 и более г/л) юго-восточнее действующего карьера [5, 8, 9, 10].

1.3.3 Земельные ресурсы и почвы

Наибольшее распространение на исследуемой территории получили светло-каштановые солонцеватые суглинистые почвы (Рисунок 5). Почвообразующими породами являются различные по генезису и метаморфическому 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 комплексы почв (Рисунок 5).

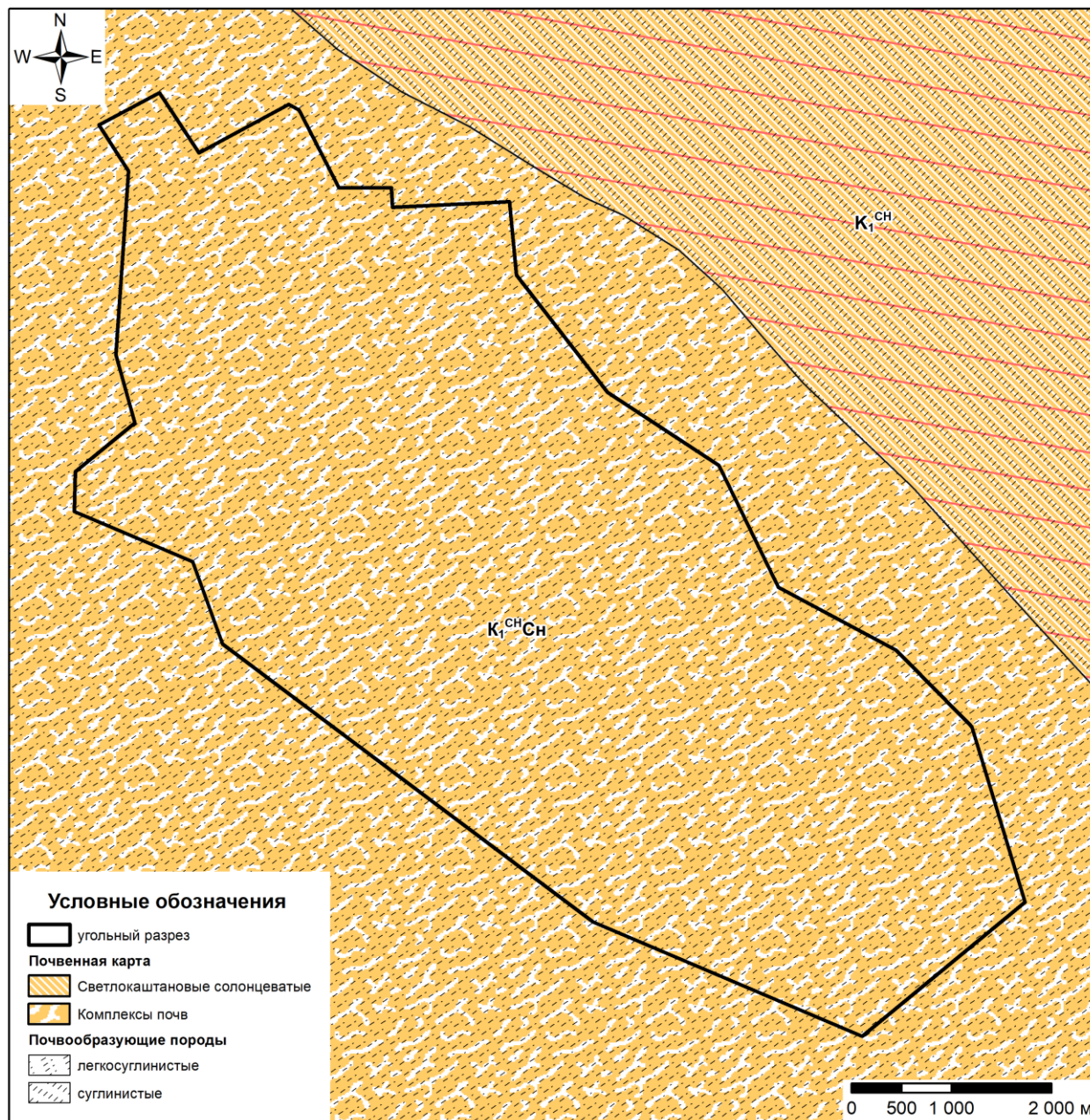


Рисунок 5. Почвенная карта участка

1.3.4 Геологическая среда и недра

В структурном отношении месторождение «Каражыра» представляет юрский грабен клиновидной формы протяженностью 13 км и шириной 3,5-5,0 км. Район месторождения находится в зоне сочленения Чингиз-Тербагатайского мегаантиклинория и Иртыш-Зайсанского мегасинклинория (Рисунок 6).

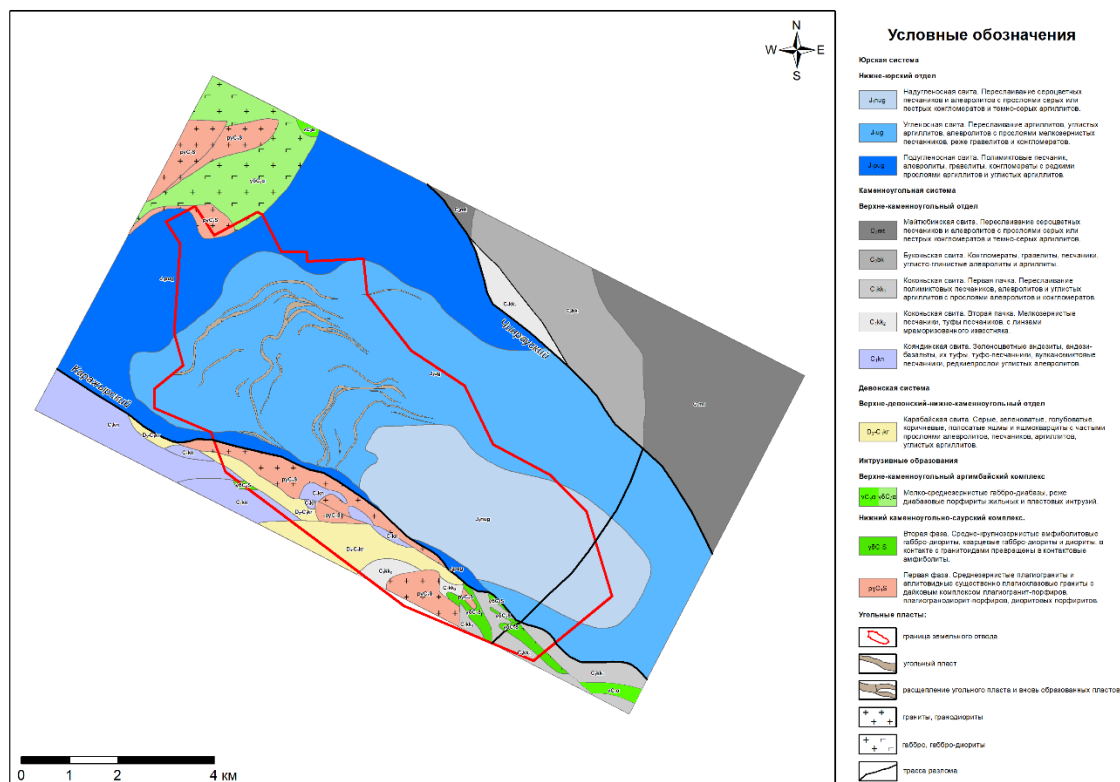


Рисунок 6. Геологическая карта района обследования

Описываемая площадь разбита крупными разрывными нарушениями на ряд блоков. В геологическом строении месторождения участвуют разновозрастные осадочные, эффузивные и интрузивные породы, которые по степени складчатости подразделяются на два структурных этажа: нижний – палеозойский и верхний – мезозой-кайнозойский (J, P, N, Q).

Из палеозойских образований выделяются следующие стратиграфические подразделения:

- фаменский-турнейский ярусы – каробайская свита (D₃-C₁kr₁);
- турнейский ярус – кояндинская свита (D₁kn);
- визейский ярус, нижний подъярус – нижняя и средняя подсвиты коконьской свиты (C₁kk₁, C₁kk₂);
- визейский ярус, средний отдел – буконьская свита (C₂vk);
- визейский ярус, верхний отдел – майтубенская свита (C₃mt).

Палеозойские образования представлены крупно- и мелкозернистыми песчаниками, кремнистыми алевролитами, конгломератами, углисто-глинистыми сланцами, эффузивами основного и среднего состава. Выходы этих отложений прослеживаются по линиям тектонических нарушений на юго-востоке и юго-западе района.

В пределах мезозой-кайнозойского платформенного чехла выделяются следующие стратиграфические подразделения:

Юрская свита – нижний отдел (J₁).

Палеогеновая система – эоцен (P₂).

Неогеновая система – миоцен-калкаманская (аральская) свита;

- миоцен-плиоцен (павлодарская) свита (N₁₋₂pv).

Четвертичная система:

- средне-верхние звенья (Q_{II-III});
- верхне-современные звенья (Q_{III-IV});
- современное звено (Q_{IV}).

Отложения нижней юры в пределах грабена слагают толщи – надугленосную, угленосную и подугленосную.

Подугленосная толща ($J_{1\text{rug}}$) сложена алевролитами, аргиллитами, песчаниками, встречаются угольные пропластки и прослои мелкогалечных конгломератов. Мощность толщи варьирует в пределах 90-140 м.

Угленосная толща ($J_{1\text{ug}}$) представлена алевролитами, аргиллитами, песчаниками и мощными пластами углей. Мощность толщи – 180-300 м.

Надугленосная толща ($J_{1\text{rug}}$) сложена песчаниками, конгломератами, гравелитами, алевролитами с пропластками угля и углистых пород, нижеюрские образования залегают почти горизонтально (углы падения $3-5^0$, реже 10^0) и лишь вблизи тектонических нарушений углы падения достигают $45-80^0$.

Эоценовые отложения (P_2) представлены глинами разной окраски с линзами и прослоями песков, реже гравия и галечника, выделяются небольшими по площади пятнами мощностью 10-15 м. Глины калкаманской свиты ($N_{1\text{klk}}$) не имеют повсеместного развития, мощность невыдержана 10-15 м, иногда достигает 40 м. Отложения павлодарской свиты ($N_{1-2\text{pv}}$) развиты в восточной и северной частях участка, представлены плотными и жирными песчаниками и известковистыми глинами с характерной красной, коричневой и зеленовато-коричневой окраской, часто встречаются линзы и желваки мергеля, карбонатные и железисто-марганцевые конкреции, включения гипса, иногда появляются линзы и прослои песков, реже гравия, мощность свиты 5-10 м, иногда - 15 м.

Средне-верхнечетвертичные аллювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения (Q_{II-III}) слагают вторую надпойменную террасу реки Шаган. Отложения представлены в основном переслаивающимися песками, супесями и гравийно-галечными образованиями. Иногда имеются прослои суглинков и песчаных глин. Мощность отложений 4-8 м, редко достигает 15 м.

Верхнечетвертичные и современные образования (Q_{III-IV}) представлены на площади месторождения делювиальными и делювиально-пролювиальными отложениями из суглинков с дресвой, гравием, реже гальки. Мощность отложений 0,5-2,0 м, редко 2,8-3,5 м.

Современные отложения распространены в поймах, руслах водотоков и днищ озер. Эти осадки развиты в западной части месторождения и представлены глинистыми песками, супесями, гумусированными суглинками, а также гравийно-галечными отложениями и разнозернистыми песками.

На изучаемой площади интрузивные образования обнажаются в юго-западной части месторождения, а на остальной площади вскрываются скважинами. Они представлены двумя комплексами:

- раннекаменноугольным (саурским C_{1s}) и позднекаменноугольным (аргибайским $\mathcal{U}C_{3a}$).
- Первая фаза саурского комплекса ($\rho\gamma C_{3s}$) представлена амфиболовыми габбро и габбро-диоритами, которые иногда переходят в амфибол-пироксеновые габбро или диориты и кварцевые диориты.
- Вторая фаза внедрения саурского комплекса ($\rho\gamma C_{1s}$) представлена плагигранитами.
- Интрузии аргибайского комплекса ($\mathcal{U}C_{3a}$) развиты на крайнем юго-востоке месторождения и представлены зелено-цветными габбро-диабазы с переходом в диабазы и диабазовые порфиры.

Месторождение Каражыра представляет собой наложенный грабен клиновидной формы. С северо-востока и юго-запада грабен ограничен разломами надвигового характера. С северо-востока грабен ограничен взбросом (Чинрауским разломом). Зона этого разлома падает на северо-восток под углами $50-80^0$, амплитуда более 500 м. С юго-запада грабен ограничен взбросом (Каражырским разломом), вдоль которого по оперяющим разрывам образованы покровно-надвиговые структуры. Падение взбросов юго-западное под углами $45-80^0$, амплитуда более 500 м. Здесь палеозойские интрузивные образования надвинуты на угленосную юрскую толщу. Остальные взбросы меньше протяженности (1,5-4,0 км) и амплитуда смещения от 20-60 м до 100-200 м. Все нарушения сопровождаются значительными зонами смятия, где породы превращены в тектонические брекчии или милониты.

Горючие полезные ископаемые представлены крупным угольным месторождением Каражыра, которое приурочено к одноименному грабену, протягиваясь с северо-запада на юго-

восток на 10-12 км. Угленосность месторождения связана с отложениями угленосной свиты, включающей 7 угольных пластов различной мощности и строения. Для них характерно замещение с резким выклиниванием угольных пачек в северо-восточном направлении, где на расстоянии менее 1 км весьма мощные пласты становятся некондиционными или полностью исчезают. Угли месторождения гумусовые, полублестящие, реже полуматовые и матовые, сравнительно низкочольные, малосернистые, средне- и многофосфористые, «несоленые». Угли месторождения Каражыра являются качественным энергетическим топливом для слоевого и пылевидного сжигания, перспективны для получения синтетического жидкого топлива в процессе гидрогенизации и термического растворения, пригодны для полукоксования, газификации, производства сорбентов, брикетирования.

Перспективы юрской угленосности изученной территории ограничены площадью месторождения Каражыра, так как фрагмент Балапанской юрской структуры в пределах участка незначителен по размерам, а ее угленосность не изучена. Эта структура может представлять интерес в случае значительности ее размера за пределами изученной площади. Кроме того, не исключена возможность обнаружения углей в отложениях карбона. Во-первых, на сопредельных территориях с сопоставимыми стратиграфическими подразделениями связан ряд угольных месторождений и проявлений. Во-вторых, признаки карбоновой угленосности наблюдаются и на отчетной площади.

Железо. Металлические полезные ископаемые представлены проявлениями железа. Они приурочены к площадям распространения образований карабайской и кояндинской свит, скарнированных и ороговикованных в экзоконтактах кровли плагиогранитных интрузий саурского комплекса. Проявления на глубину не изучены, но перспективы увеличения их масштабов ограничены в силу незначительного распространения благоприятных для скарнирования вмещающих пород.

Золото. В ходе геологической съемки в пределах Каражирекской и Северо-Каражирекской складчатых структур были откартированы многочисленные кварцевые жилы. По результатам точечного опробования среди них выделены перспективное проявление Кишкек и несколько пунктов минерализации золота. Кварц белый, молочный, часто ожелезненный, с пустотками выщелачивания рудных минералов. Околорудные изменения, выраженные в окварцевании и хлоритизации габброидов, не превышают 0,3-0,4 м. Ориентировка жил и зон прожилковой минерализации преимущественно северо-западная. Перспективы пунктов минерализации, учитывая их слабую изученность, неясны.

Твердые неметаллические полезные ископаемые представлены проявлением строительного камня. Оно расположено в пределах надвига на триас-юрский грабен и сложено плагиогранитами саурского комплекса [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 ценотического состава связано с дифференциацией экологических условий произрастания растительности.

Исследуемая территория – земельный участок, прилегающий к угольному месторождению Каражыра площадью 4315,57 га.

На исследуемой территории представлены степной, пустынный, луговой и кустарниковый типы растительности. К степному типу растительности 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*), типчак (*Festuca valesiaca*), полыни (*Artemisia sublessingiana*, *A. gracilescens*, *A. Frigida*).

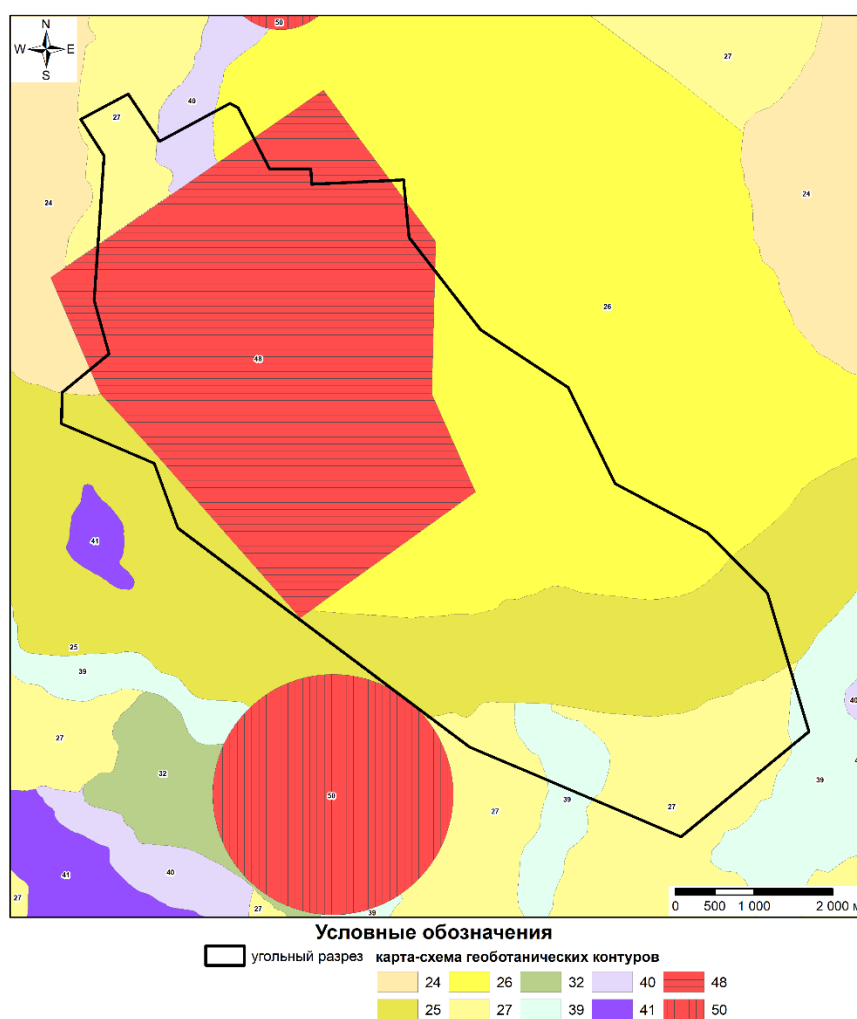
Пустынный тип растительности представляют сообщества, образованные гиперксерофильными и галоксерофильными полукустарничками (представители семейства Маревых и некоторые виды рода *Artemisia*). Доминантными видами пустынных сообществ

являются казахстанско-северотуранские: *Atriplex cana*, *Nanophyton erinaceum*, *Artemisia schrenkiana*, *Artemisia pauciflora*, северотуранские – *Anabasis salsa*, и виды, наиболее широко распространенные в пустынной области – *Halocnemum strobilaceum*, *Halimione verrucifera*.

Луговая растительность на территории обследования приурочена к участкам с дополнительным увлажнением. Луга представлены болотистыми, настоящими, остепненными и галофитными вариантами. На рассматриваемой территории луговая растительность представлена, в основном, галофитными вариантами, сложенными *Puccinellia dolicholepis*, *Aeluropus litoralis*, *Saussurea amara*, *Salicornia europaea*, *Plantago tenuiflora*.

Сообщества кустарникового типа растительности на территории обследования занимают незначительную площадь. Это заросли *Spiraea hypericifolia* и *Caragana pumila*, доминирующие по межпочным ложбинам.

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.



24, 25, 26, 27 – экосистемы делювиально-пролювиальных равнин; 32, 39, 40 – экосистемы аллювиальных равнин; 48 – антропогеннопроизводные экосистемы.

Рисунок 7. Схематическая карта распределения растительных экосистем

Экосистемы делювиально-пролювиальных равнин. Растительный покров, в основном, представлен группами сообществ: холоднополынно-типчаково-тырсовых (*Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*, *Galatella tatarica*, *Ephedra distachya*) на светло-каштановых сильно щелбнистых почвах; холоднополынно-тырсиково-типчаковых (*Festuca valesiaca*, *Stipa sareptana*, *Artemisia frigida*) на светло-каштановых нормальных почвах; спирейно-ковылково-типчково-

сублессингиановопольных (*Artemisia sublessingiana*, *Festuca valesiavca*, *Stipa lessingiana*, *S. sareptana*, *Spiraea hypericifolia*, *Ephedra distachya*, *Koeleria cristata*) на светлокаштановых защебненных почвах.

Экосистемы аллювиальных равнин. Рельеф аллювиальных равнин – пологонаклонные слабоволнистые равнины с общим уклоном в сторону водотоков. На данной территории выделяется один из двух видов аллювиальных равнин: современные аллювиальные равнины.

На солончаковых и солонцеватых почвах лугового ряда представлены сообщества: однолетнесолянковых (*Salicornia europaea*, *Suaeda prostrata*, *Suaeda heterophylla*), приморскопородожниковых (*Plantago maritima*), галофитно-разнотравных (*Plantago salsa*, *Saussurea salsa*, *Rumex marschallianus*, *Glax maritime*, *Limonium gmelinii*), галофитнозлаковых (*Aeluropus litoralis*, *Puccinellia dolicholepis*, *Leymus paboanus*), галофитнопольных (*Artemisia schrenkiana*, *A. nitrosa*), галофитнополукустарничковых (*Halimione verrucifera*, *Camphorosma monspeliaca*, *Limonium suffruticosum*), галофитнокустарниковых (*Atriplex cana*, *Suaeda physophora*, *Nitraria sibirica*, *Tamarix hispida*).

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

Таблица 4. Обозначения геоботанических контуров

№ выд ела	Соотношение цветов RGB			СОДЕРЖАНИЕ ВЫДЕЛОВ
ЭКОСИСТЕМЫ ДЕЛЮВИАЛЬНО-ПРОЛЮВИАЛЬНЫХ РАВНИН				
24	255	227	137	Группы сообществ: маршалловопольно-типчаково-тырсовых (<i>Stipa capillata</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Artemisia marschalliana</i>); ковылково-типчаково-маршалловопольных (<i>Artemisia marschalliana</i> , <i>A. austriaca</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Stipa lessingiana</i> , <i>S. capillata</i> , <i>Koeleria cristata</i> , <i>Hultemia persica</i>) на легкосуглинистых светлокаштановых почвах иногда в комплексе тонковатопольно-типчаково-тырсовых (<i>Stipa capillata</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Artemisia gracilescens</i>) с участием <i>Anabasis salsa</i> , <i>Nanophyton erinaceum</i> на светло-каштановых солонцеватых почвах обширных межсопочных равнин и проценозы с доминированием <i>Leymus paboanus</i> , <i>Artemisia austriaca</i> , <i>Psathyrostachis juncea</i> , <i>Thlaspi arvense</i> , <i>Lepidium ruderales</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Kochia scoparia</i> , <i>Chenopodium acuminatum</i> , <i>Ch. album</i> на нарушенных участках
25	223	218	0	Группы сообществ: компактопольно-типчаково-тырсовых (<i>Stipa sareptana</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Artemisia compacta</i>) на гранитной дресве приподнятых участков, холоднопольно-типчаково-тырсовых (<i>Stipa capillata</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>Galatella tatarica</i> , <i>Ephedra distachya</i>) на светло-каштановых сильно щебнистых почвах; холоднопольно-тырсово-типчаковых (<i>Festuca valesiaca</i> , <i>Stipa sareptana</i> , <i>Artemisia frigida</i>) на светло-каштановых нормальных почвах в сочетании с разнотравно-типчаково-таволгово-карагановыми (<i>Caragana pumila</i> , <i>Spiraea hypericifolia</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Galium ruthenicum</i> , <i>Potentilla bifurca</i>) на лугово-каштановых почвах микропонижений обширных межсопочных равнин; в сочетании с комплексом сообществ: тонковатопольных (<i>Artemisia gracilescens</i>); кокпековых (<i>Atriplex cana</i>) по межсопочным понижениям на солонцеватых почвах
26	255	255	0	Группы сообществ: разнопольно-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-типчаково-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 защебненных 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: а) люцерново-типчаковыми (<i>Festuca valesiaca</i> , <i>Medicago bifurca</i>),

№ выд ела	Соотношение цветов RGB			СОДЕРЖАНИЕ ВЫДЕЛОВ
				б) разнотравно-житняковыми (<i>Agropyron cristatum</i> , <i>Potentilla impollita</i> , <i>Galium ruthenicum</i>), в) солодково-волоснецовыми (<i>Leymus angustus</i> , <i>Glycyrrhiza uralensis</i>) по межсочным понижениям лугово-степным и прощелкам 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
27	255	251	105	Группа сообществ: холоднополюнно-типчаково-тырсиковых (<i>Stipa sareptana</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Artemisia frigida</i>); сублессингиановопольно-типчаково-тырсиковых (<i>Stipa sareptana</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Artemisia sublessingiana</i>), типчаково-ковылково-тырсиково-разнополюнных (<i>Artemisia marschalliana</i> , <i>A. sublessingiana</i> , <i>Stipa sareptana</i> , <i>S. lessingiana</i> , <i>Festuca valesiaca</i>) на светлокаштановых защебененных 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>), коклековых (<i>Atriplex cana</i>), чернополюнных (<i>Artemisia pauciflora</i>) по западинам и прощелкам 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.
ЭКОСИСТЕМЫ АЛЮВИАЛЬНЫХ РАВНИН				
Экосистемы современных аллювиальных равнин				
39	213	255	234	Ряд сообществ: однолетнесолянковых (<i>Salicornia europaea</i> , <i>Suaeda prostrata</i> , <i>Suaeda heterophylla</i>) → приморскопородниковых (<i>Plantago maritima</i>) → галофитно-разнотравных (<i>Plantago salsa</i> , <i>Saussurea salsa</i> , <i>Rumex marschallianus</i> , <i>Glax maritima</i> , <i>Limonium gmelinii</i>) → галофитнозлаковых (<i>Aeluropus litoralis</i> , <i>Puccinellia dolicholepis</i> , <i>Leymus paboanus</i>) → галофитнополюнных (<i>Artemisia schrenkiana</i> , <i>A. nitrosa</i>) → галофитнополукустарничковых (<i>Halimione verrucifera</i> , <i>Camphorosma monspeliaca</i> , <i>Limonium suffruticosum</i>) → галофитнокустарничковых (<i>Atriplex cana</i> , <i>Suaeda physophora</i> , <i>Nitraria sibirica</i> , <i>Tamarix hispida</i>) на солончаковых и солонцеватых почвах лугового ряда; полюнно-дерновиннозлаковых (<i>Stipa sareptana</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Psathyrostachys juncea</i> , <i>Artemisia gracilescens</i> , <i>A. frigida</i>) на остепняющихся луговых почвах в сочетании с комплексом чернополюнно-бюргуново-тасбюргуновых (<i>Nanophyton erinaceum</i> , <i>Anabasis salsa</i> , <i>Artemisia pauciflora</i>) на эродированных солонцеватых почвах озерных террас.
40	216	199	249	Комплекс сообществ: сарсазановых (<i>Halocnemum strobilaceum</i>), поташниковых (<i>Kalidium shrenkianum</i>), соранговых (<i>Suaeda physophora</i>), селитрянковых (<i>Nitraria sibirica</i>), бюргуново-обионовых (<i>Anabasis salsa</i> , <i>Halimione verrucifera</i>) на сорных солончаках; шренковскополюнно-ажрековых (<i>Aeluropus litoralis</i> , <i>Artemisia schrenkiana</i>), бескильничево-горькушево-кермекных (<i>Limonium suffruticosum</i> , <i>L. gmelinii</i> , <i>Saussurea amara</i> , <i>Puccinellia dolicholepis</i>), волоснецово-чиевых (<i>Achnatherum splendens</i> , <i>Leymus angustus</i>) на луговых солончаковых; камфоросмово-кклековых (<i>Atriplex cana</i> , <i>Camphorosma monspeliaca</i>), чернополюнных (<i>Artemisia pauciflora</i>), кохиево-тонковатопольных (<i>Artemisia gracilescens</i> , <i>Kochia prostrata</i>), злаково-тонковатопольных (<i>Artemisia gracilescens</i> , <i>Stipa sareptana</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Psathyrostachys juncea</i>) на солонцеватых почвах озерных террас.
АНТРОПОГЕННОПРОИЗВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ				
48				Сочетание рядов прощелок на участках с разрушенными инженерными сооружениями: 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> ; 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> → 3группировки с доминированием <i>Leymus ramosus</i> , <i>Festuca valesiaca</i> ,

№ выд ела	Соотношение цветов RGB			СОДЕРЖАНИЕ ВЫДЕЛОВ
				<i>Agropyron cristatum</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Potentilla bifurca</i> , <i>Galium ruthenicum</i> , иногда с участием <i>Tamarix ramosissima</i> ; 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-полынные (<i>Ceratoides papposa</i> , <i>Artemisia austriaca</i> , <i>A. marschalliana</i> , <i>Ceratocarpus arenarius</i>) → злаково-разнотравно-полынные (<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>) → полынно-типчаково-тырсиковые (<i>Stipa sareptana</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>A. marschalliana</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.

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 сети 1×1 км, показанной на рисунке (Рисунок 8).

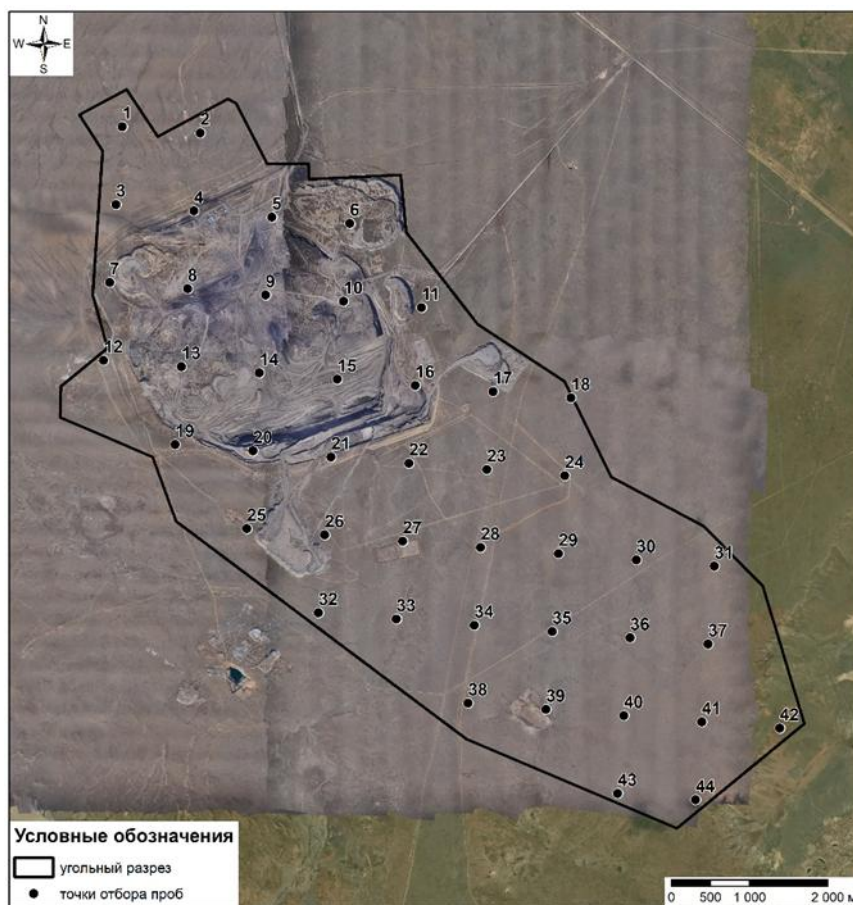


Рисунок 8. Схема расположения точек отбора проб почвы для определения удельной активности радионуклидов

Точки отбора проб почвы были распределены равномерно по обследуемому земельному участку. Всего было отобрано 44 пробы почвы.

2.1.1.1. Определение удельной активности радионуклида ^{137}Cs

Определение удельной активности ^{137}Cs в верхнем слое почвенного покрова проводилось во всех точках (Рисунок 8) и выполнялось в соответствии с методикой измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine» [37],

Результаты определения удельной активности ^{137}Cs представлены в приложении (Приложение 1).

По результатам лабораторных анализов (Приложение 1), удельная активность ^{137}Cs в почве варьирует от нижнего предела обнаружения ($<0,3$ Бк/кг) до 24 ± 5 Бк/кг. По полученным данным построена карта распределения удельной активности ^{137}Cs на обследуемом участке (Рисунок 9).

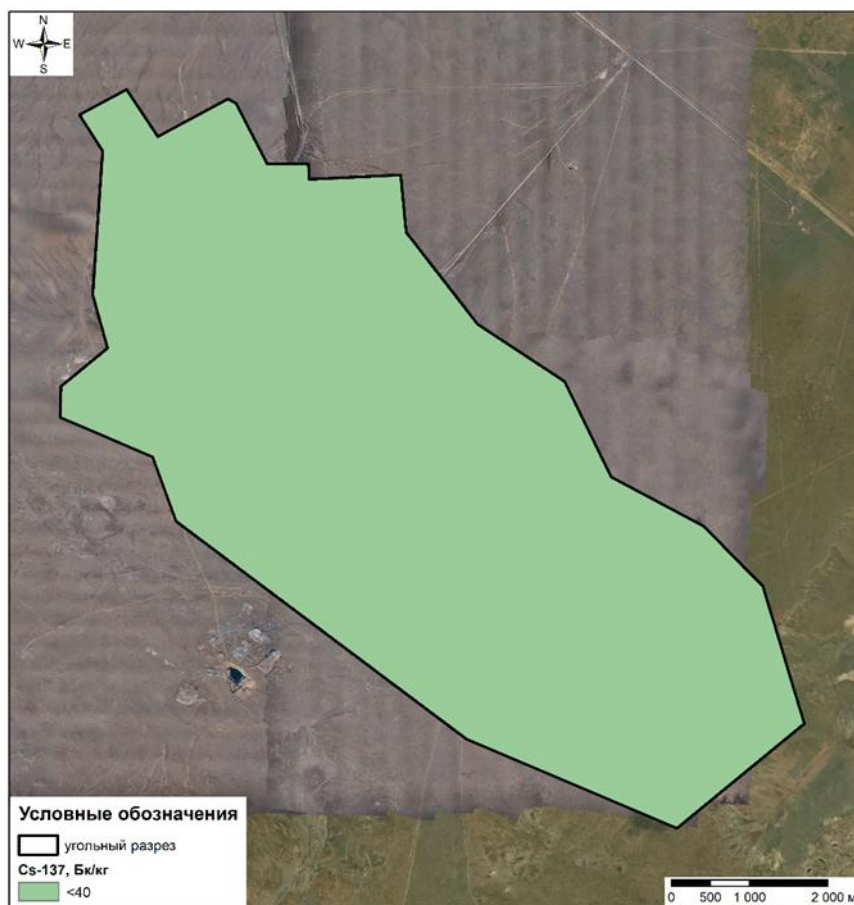


Рисунок 9. Карта распределения удельной активности ^{137}Cs

По результатам определения удельной активности радионуклида ^{137}Cs (Приложение 1, Рисунок 9) 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 [38].

«Фоновым значением» удельной активности радионуклида ^{137}Cs принимается значение его удельной активности в верхнем слое почвенного покрова равное 40 Бк/кг [2]. Из рисунка (Рисунок 9) видно, что полученные значения удельной активности ^{137}Cs не превышает «фоновое значение» данного радионуклида, поэтому зонирование территории обследуемого участка не проводилось.

2.1.1.2 Определение удельной активности радионуклида ^{90}Sr

Удельная активность ^{90}Sr определялась расчетным методом по значениям удельной активности ^{137}Cs .

Определение активности ^{90}Sr расчетным методом основано на стабильности значений соотношения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ для какого-либо конкретного ядерного испытания, ввиду схожести ядерно-физических характеристик образования этих радионуклидов во время ядерного взрыва.

Оба радионуклида, и ^{137}Cs , и ^{90}Sr , являются осколками ядерного деления плутония или урана, в зависимости от типа ядерного заряда. Предшественниками обоих радионуклидов являются инертные газы – ^{137}Xe (период полураспада 3,9 мин.) и ^{90}Kr (период полураспада криптона 32,4 с, далее он распадается до ^{90}Rb , который через 2,5 мин. образует ^{90}Sr), соответственно. Следовательно, попадание в окружающую среду ^{137}Cs и ^{90}Sr во время ядерного взрыва идет по схожему сценарию. К тому же, периоды полураспада у обоих радионуклидов близки по значениям. Так, период полураспада ^{137}Cs равен приблизительно 30,0 лет, ^{90}Sr – 27,7 лет [39].

Таким образом, удельная активность ^{90}Sr на обследуемом участке рассчитывалась по формуле:

$$A_{\text{Sr}} = A_{\text{Cs}} \times K_{\text{fp}}, \quad (1)$$

где:

A_{Sr} – удельная активность ^{90}Sr , Бк/кг;

A_{Cs} – удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг;

K_{fp} – коэффициент, определяющий значение соотношения активностей $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$.

Коэффициент K_{fp} определялся экспериментальным путем. Для этого определено содержание ^{90}Sr в 6 пробах почвы. После чего рассчитывалось значение соотношения удельных активностей $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$, т.е. коэффициент K_{fp} .

Выбранные точки равномерно распределены по всей территории обследуемого участка (Рисунок 10).

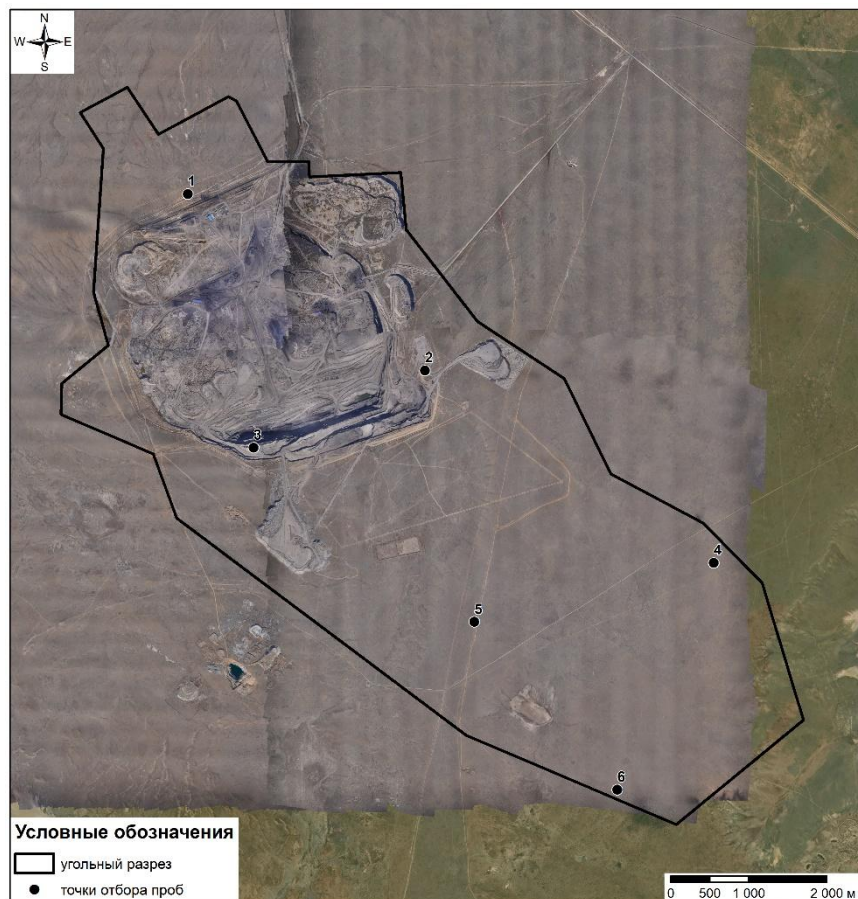


Рисунок 10. Схема расположения точек, в которых определена удельная активность ^{90}Sr

Определение удельной активности ^{90}Sr в верхнем слое почвенного покрова выполнялось в соответствии с методикой определения удельной активности искусственных радионуклидов в объектах окружающей среды [40]. Всего проанализировано 6 проб почвы.

Результаты определения удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr представлены в таблице (Таблица 5).

Таблица 5. Сведения о пробах, отобранных для определения удельной активности ^{90}Sr

Точка отбора	Географические координаты		Удельная активность, Бк/кг		Отношение $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$
	Широта	Долгота	^{137}Cs	^{90}Sr	
1	50°2'12,7''	78°43'8,1''	24 ± 5	9,2 ± 1,4	0,383
2	50°1'3,8''	78°43'45,1''	8,5 ± 1,7	5,2 ± 1,0	0,612
3	50°0'28,4''	78°43'55,4''	16 ± 3	11 ± 2	0,688
4	49°59'46,3''	78°48'53,5''	3,9 ± 0,8	9,1 ± 1,4	2,333
5	49°59'18,9''	78°46'20,6''	6,8 ± 1,4	8,5 ± 1,3	1,250
6	49°58'11,1''	78°47'55,7''	31 ± 6	8,6 ± 1,8	0,277
Среднее значение					0,924

По полученным значениям удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr рассчитаны коэффициенты K_{fp} .

Среднее значение отношения удельной активности ^{90}Sr к ^{137}Cs составляет 0,924.

Значения удельной активности ^{90}Sr представлены в приложении (Приложение 2).

По полученным данным построена карта распределения удельной активности ^{90}Sr (Рисунок 11).

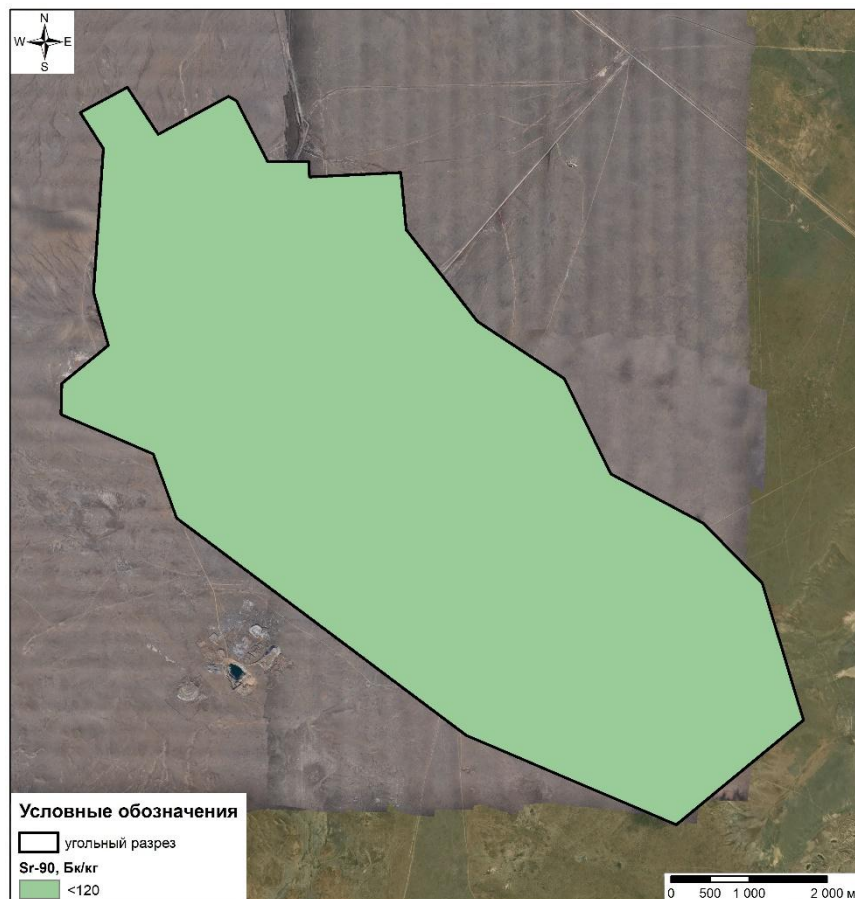


Рисунок 11. Карта распределения удельной активности ^{90}Sr

По результатам определения удельной активности (Приложение 2, Рисунок 11) видно, что во всех точках обследования содержание ^{90}Sr в верхнем слое почвенного покрова не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (100000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ^{90}Sr [38].

2.1.1.3 Определение удельной активности радионуклида ^{241}Am

Определение удельной активности радионуклида ^{241}Am проводилось в тех же точках, где определялась удельная активность ^{137}Cs (Рисунок 8).

Определение удельной активности ^{241}Am в почве выполнялось в соответствии с методикой измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine» [37].

Результаты определения удельной активности ^{241}Am представлены в приложении (Приложение 1).

По результатам лабораторных анализов (Приложение 1), удельная активность ^{241}Am в почве варьирует от нижнего предела обнаружения ($< 0,5$ Бк/кг) до 10 ± 3 Бк/кг. По полученным данным построена карта распределения удельной активности ^{241}Am (Рисунок 12).

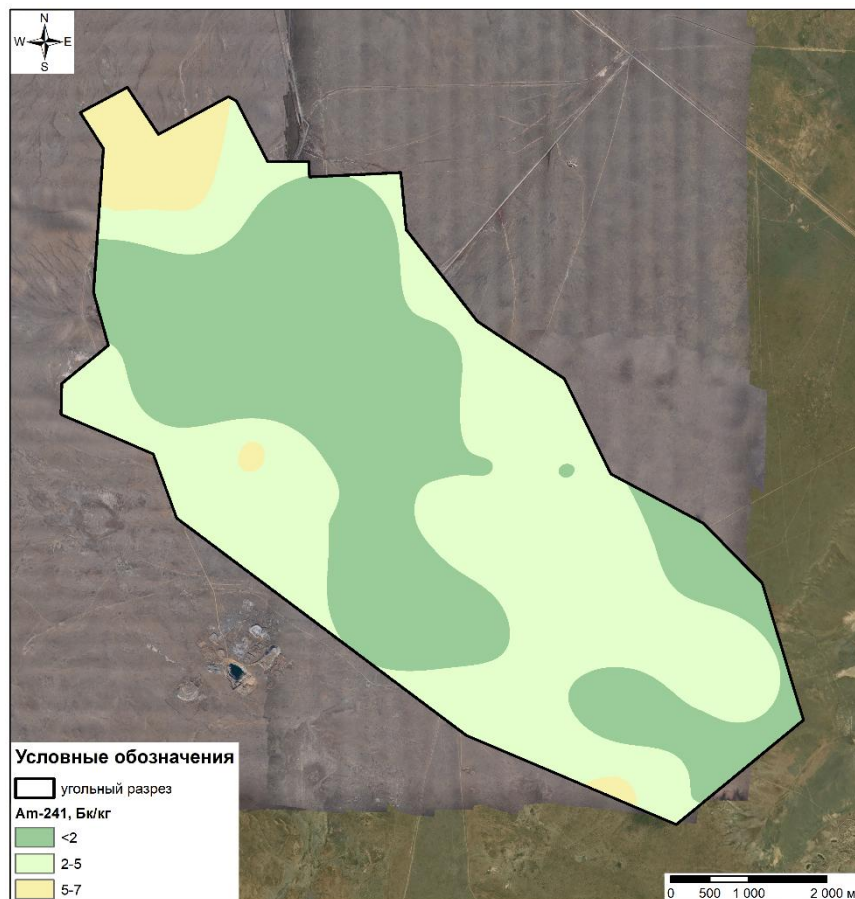


Рисунок 12. Карта распределения удельной активности ^{241}Am

По результатам определения удельной активности ^{241}Am (Приложение 1, Рисунок 12) видно, что во всех точках обследования содержание ^{241}Am в верхнем слое почвенного покрова не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (1000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида радионуклида ^{241}Am [38].

Из рисунка (Рисунок 12) видно, что на большей части обследуемого участка удельная активность ^{241}Am не превышает значение 2 Бк/кг.

При этом, на данном участке имеется область, в которой зафиксированы повышенные, относительно всей территории, уровни удельной активности ^{241}Am , достигающие значение 7 Бк/кг (Рисунок 13).

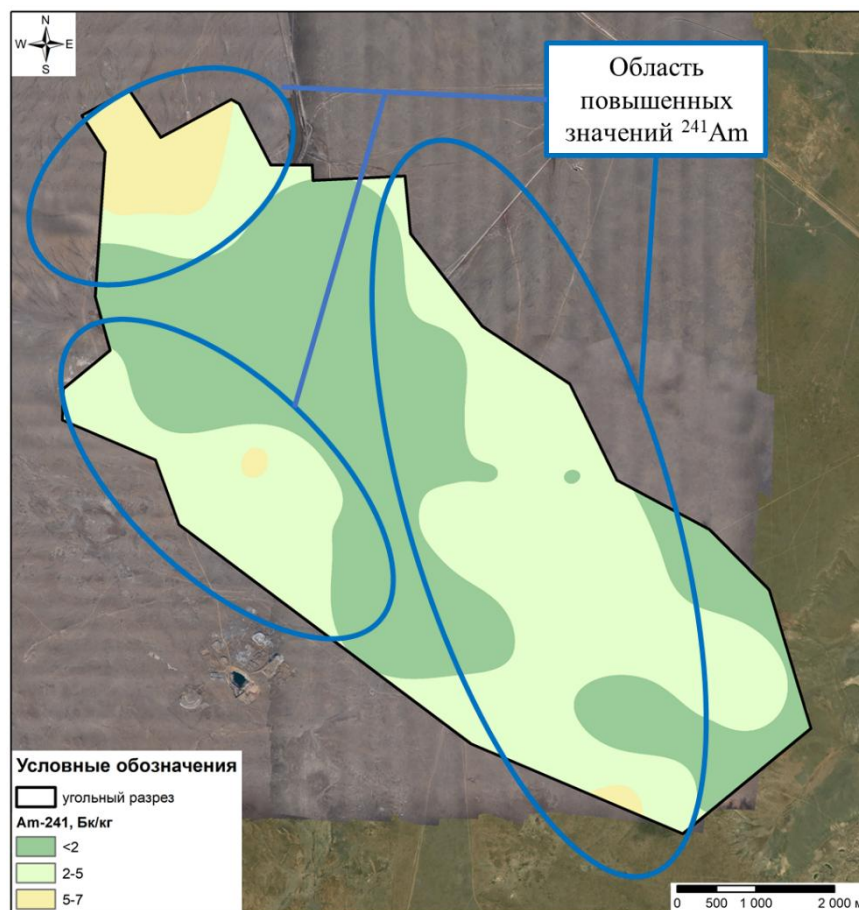


Рисунок 13. Область повышенных значений удельной активности радионуклида ^{241}Am

2.1.1.3 Определение удельной активности радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$

Удельная активность $^{239+240}\text{Pu}$ определялась расчетным методом по значениям удельной активности ^{241}Am .

Определение активности $^{239+240}\text{Pu}$ расчетным методом основано на стабильности значений соотношения $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ для какого-либо конкретного ядерного испытания. Так, ^{241}Am образуется при бета-распаде ^{241}Pu . При этом, ^{241}Pu входит в состав ядерного заряда (как примесь), основу которого составляет $^{239+240}\text{Pu}$, в определенном соотношении. Следовательно, после взрыва распределение ^{241}Pu , а также других изотопов плутония, входящих в состав ядерного заряда, в объектах окружающей среды будет идентичным распределению $^{239+240}\text{Pu}$. Следовательно, механизм образования ^{241}Am из ^{241}Pu в ядерном заряде дает возможность использовать количественные данные по его содержанию в объектах окружающей среды для оценки загрязнения $^{239+240}\text{Pu}$.

Таким образом, значения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ на территории СИП рассчитывались по формуле:

$$A_{\text{Pu}} = A_{\text{Am}} \times K_{\text{nm}}, \quad (2)$$

где:

A_{Pu} – удельная активность $^{239+240}\text{Pu}$, Бк/кг;

A_{Am} – удельная активность ^{241}Am , Бк/кг;

K_{nm} – коэффициент, определяющий значение соотношения активностей $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$.

Коэффициент K_{fr} определялся экспериментальным путем. Для этого на обследуемом участке выбраны точки, на которых выполнен отбор проб почвы и в них определена удельная активность $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am . После чего рассчитывалось значение соотношения удельных активностей $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$, т.е. коэффициент K_{nm} .

Схема расположения выбранных точек представлена на рисунке (Рисунок 14).

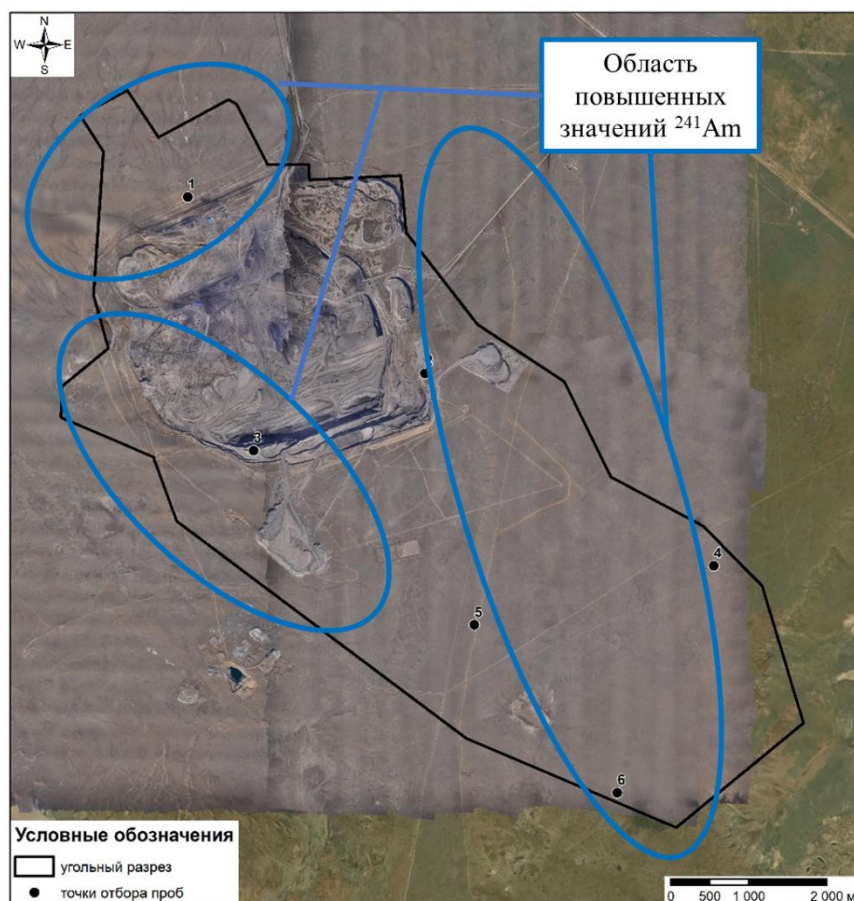


Рисунок 14. Схема расположения точек для определения удельной активности радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$

Определение удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ в верхнем слое почвенного покрова выполнялось в соответствии с методикой определения удельной активности искусственных радионуклидов в объектах окружающей среды [40]. Всего проанализировано 6 проб почвы.

Результаты определения удельной активности ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ представлены в таблице (Таблица 6).

Таблица 6. Сведения о пробах, отобранных для определения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$

Точка отбора	Географические координаты		Удельная активность, Бк/кг		Отношение $^{239+240}\text{Pu} / ^{241}\text{Am}$
	Широта	Долгота	^{241}Am	$^{239+240}\text{Pu}$	
Область повышенных значений ^{241}Am					
1	50°2′12,7″	78°43′8,1″	7,0 ± 1,4	34 ± 6	4,86
3	50°0′28,4″	78°43′55,4″	6,3 ± 1,3	27 ± 5	4,29
6	49°58′11,1″	78°47′55,7″	7,0 ± 2,0	57 ± 8	8,14
Среднее значение					5,76
Остальная часть участка					
2	50°1′3,8″	78°43′45,1″	<0,7	14 ± 4	-*
4	49°59′46,3″	78°48′53,5″	<0,7	26 ± 5	-
5	49°59′18,9″	78°46′20,6″	1,3± 0,1	11 ± 4	8,46
Среднее значение					8,46
Примечание: -* – не рассчитаны, ввиду отсутствия количественных значений удельной активности.					

По полученным значениям удельной активности радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ рассчитаны средние значения коэффициента K_{nm} .

Из таблицы (Таблица 6) видно, что среднее значение отношения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ к ^{241}Am в области повышенных значений ^{241}Am составляет 5,76, на остальной части участка – 8,46.

Значения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ представлены в приложении (Приложение 3).

По полученным данным построена карта распределения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ (Рисунок 15).

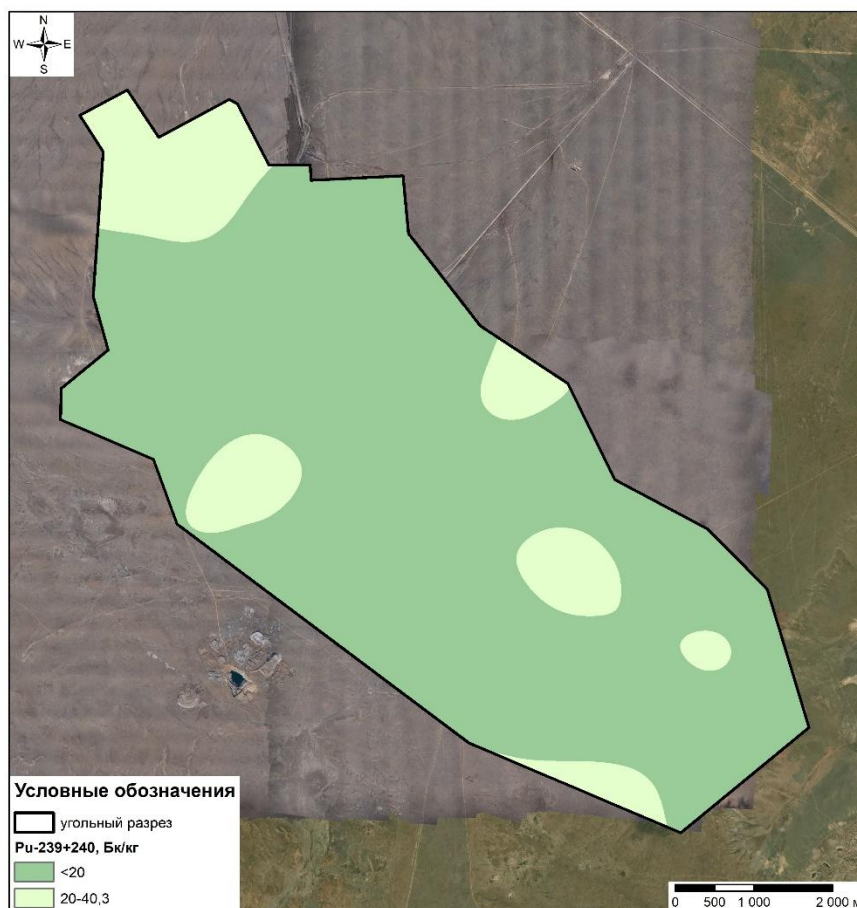


Рисунок 15. Карта распределения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$

По результатам определения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ (Приложение 3, Рисунок 15) видно, что во всех точках обследования содержание $^{239+240}\text{Pu}$ в верхнем слое почвенного покрова не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (1000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ [38].

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 верхнем слое почвы варьирует от <0,3 до 31 Бк/кг, ^{241}Am – от <0,5 до 7 Бк/кг, ^{90}Sr – от 0,3 до 28,6 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от 4,2 до 40,3 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 [38].

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 4315,57 га выбрано 8 точек. Схема расположения точки отбора проб почвы представлена на рисунке (Рисунок 16).

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

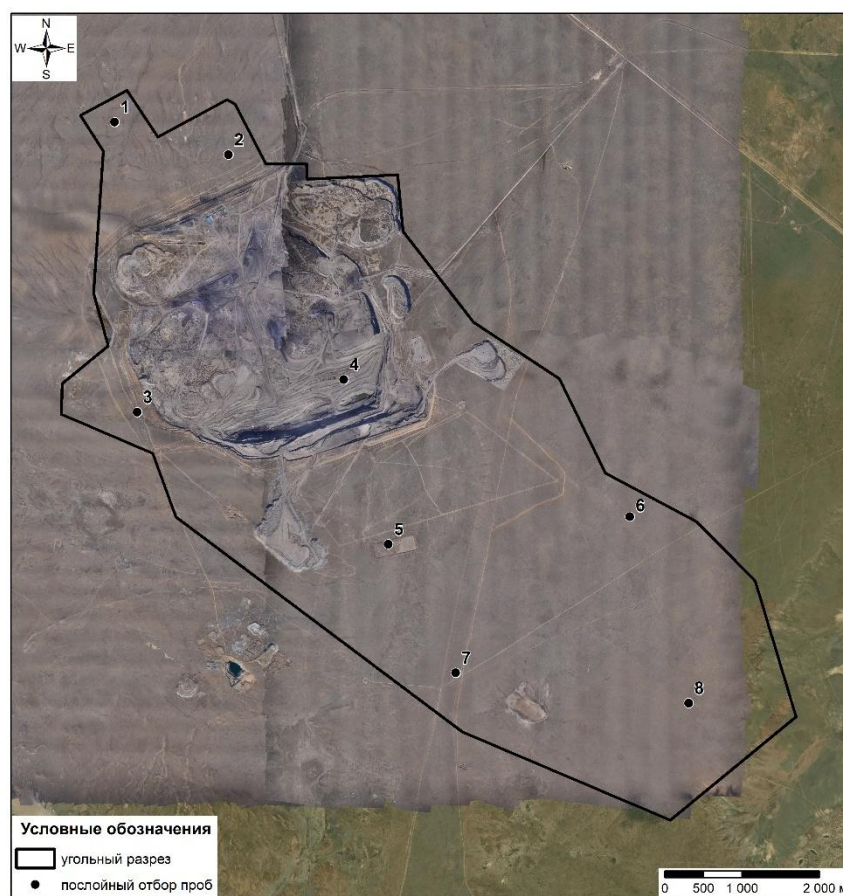


Рисунок 16. Схема расположения точек для определения содержания техногенных радионуклидов по глубине почвенного профиля

Определение удельной активности радионуклидов в пробах почвы выполнялось в соответствии с методиками [37, 40]. Значения удельной активности радионуклидов представлены в таблице (Таблица 7).

Таблица 7. 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	$6,1 \pm 1,2$	25 ± 5	$6,1 \pm 1,4$	$< 1,0$
	5-10	$< 0,6$	$< 0,8$	$7,1 \pm 1,6$	$< 0,4$
	10-15	$< 0,5$	$< 0,7$	$3,9 \pm 1,2$	$< 0,3$
	15-20	$< 0,4$	$< 0,7$	$3,2 \pm 1,7$	$< 0,3$
	20-25	$< 0,4$	$< 0,8$	$< 1,9$	$< 0,3$
	25-30	$< 0,5$	$< 0,7$	$< 2,5$	$< 0,3$
2	0-5	$3,5 \pm 0,7$	$9,6 \pm 1,9$	$7,9 \pm 1,4$	20 ± 3
	5-10	$< 0,5$	$< 0,9$	$3,0 \pm 1,3$	$< 0,3$
	10-15	< 4	< 7	$2,5 \pm 1,2$	$< 0,3$
	15-20	$< 0,6$	$< 0,7$	$< 2,0$	$< 0,3$
	20-25	$< 0,5$	$< 0,6$	26 ± 4	$< 0,6$
	25-30	$< 0,5$	$< 0,8$	$12,0 \pm 1,8$	$< 0,6$
3	0-5	$< 2,3$	$< 3,3$	$19,4 \pm 2,9$	$< 0,4$

№ точки отбора	Глубина отбора, см	Удельная активность радионуклидов в почве, Бк/кг			
		²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
	5-10	< 0,5	< 3,3	12,3 ± 1,8	< 0,7
	10-15	< 0,6	< 0,6	12,2 ± 1,8	< 0,5
	15-20	< 0,5	< 0,6	11,4 ± 1,7	< 0,5
	20-25	< 0,5	< 0,7	14,6 ± 2,4	< 0,4
	25-30	< 0,6	< 0,7	7,7 ± 2,3	< 0,3
4	0-5	< 1,2	11,0 ± 2,0	7,7 ± 1,2	14 ± 3
	5-10	< 0,6	< 1,8	7,0 ± 1,3	< 0,4
	10-15	< 1,9	< 0,8	< 1,8	< 0,4
	15-20	< 2,0	< 0,7	2,0 ± 1,1	< 0,6
	20-25	< 2,0	< 0,6	< 1,6	63 ± 8
	25-30	< 2,0	< 0,7	3,7 ± 1,6	< 0,4
5	0-5	11,0 ± 2,0	26 ± 5	8,0 ± 1,3	< 0,4
	5-10	< 1,9	< 2,1	4,7 ± 1,5	35 ± 6
	10-15	< 3	< 0,6	< 1,6	< 0,6
	15-20	< 3	< 0,8	< 1,9	< 0,3
	20-25	< 3	< 0,8	< 1,7	< 0,4
	25-30	< 3	< 0,7	< 1,8	< 0,3
6	0-5	6,0 ± 2,0	30 ± 6	13,0 ± 2,0	78 ± 8
	5-10	< 2,0	< 0,8	11,0 ± 1,4	< 0,3
	10-15	< 1,8	< 0,6	6,0 ± 1,2	< 0,7
	15-20	< 1,9	< 0,6	5,3 ± 1,0	< 0,6
	20-25	< 4	< 0,6	17,0 ± 1,6	< 0,3
	25-30	< 2,0	< 0,8	9,4 ± 1,4	< 0,4
7	0-5	< 3	7,2 ± 1,4	6,4 ± 1,5	11 ± 3
	5-10	< 2,0	< 0,8	6,6 ± 1,3	< 0,3
	10-15	< 3	< 0,8	4,0 ± 1,1	< 0,5
	15-20	< 2,0	< 1,3	6,3 ± 1,2	< 0,4
	20-25	< 2,0	< 2,3	< 1,3	< 0,3
	25-30	< 2,0	< 0,5	2,1 ± 0,8	< 0,3
8	0-5	6,0 ± 2,0	9,4 ± 1,9	2,1 ± 0,8	25 ± 4
	5-10	< 3	< 3,2	2,0 ± 0,8	1,7 ± 1,0
	10-15	< 3	< 0,7	< 1,6	< 0,2
	15-20	< 3	< 1,5	2,9 ± 1,4	< 0,2
	20-25	< 3	< 0,7	< 2,4	< 0,2
	25-30	< 6	< 1,6	< 2,0	< 0,4

По полученным данным построены гистограммы распределения радионуклидов ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu по глубине почвенного профиля (Рисунок 17).

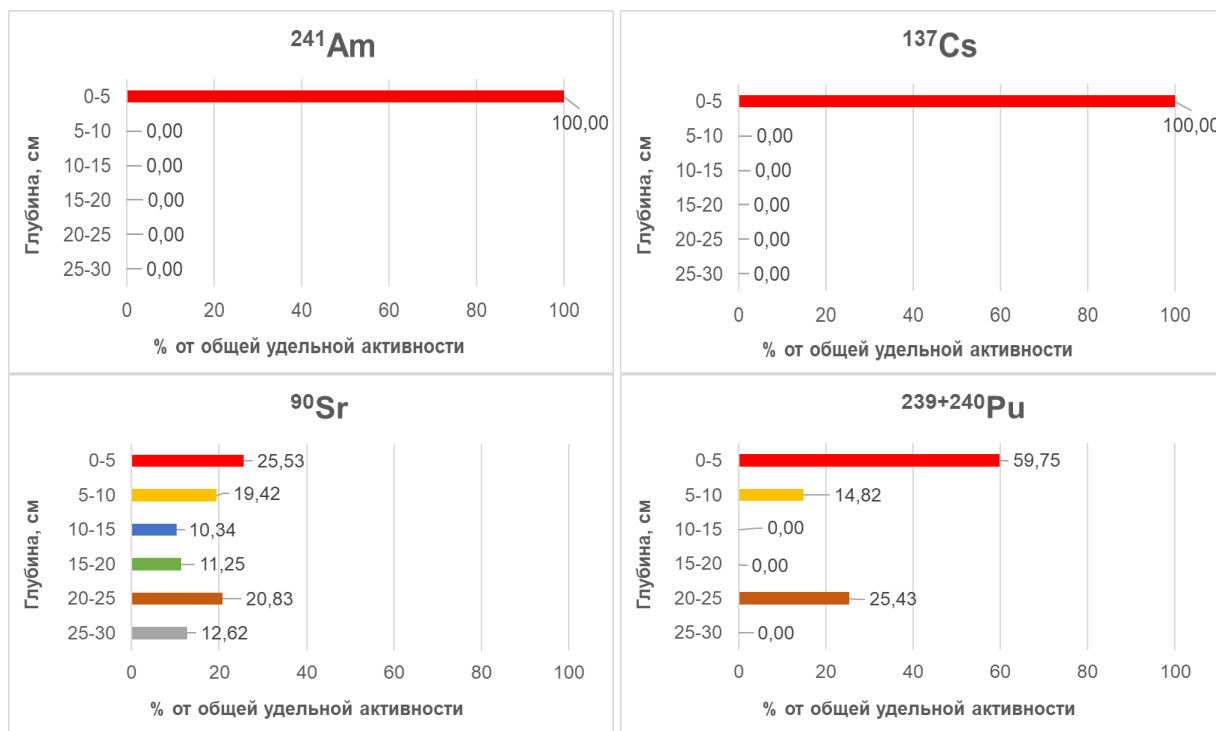


Рисунок 17. Распределение радионуклидов ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu по глубине почвенного профиля

В результате обследования распределения радионуклидов по глубине почвенного профиля (Рисунок 17) установлено, что основная доля радионуклидов содержится в слое почвы 0-15 см и составляет для ²⁴¹Am – 100%, ¹³⁷Cs – 100%, ⁹⁰Sr – 55,3% и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 74,6%. Минимальное содержание радионуклидов наблюдается на глубине 20-30 см и составляет для ²⁴¹Am – 0%, ¹³⁷Cs – 0%, ⁹⁰Sr – 33,5% и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 25,4%.

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 20 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, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и ⁹⁰Sr в почвенном профиле (0-30 см) для каждого слоя почвы определялась абсолютная активность данных радионуклидов по формуле:

$$A_{i,j} = A_{mi,j} \times \frac{P}{1000} \times S \times h, \quad (3)$$

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:

$$A_i = \sum A_{i,j}, \quad (4)$$

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 8).

Таблица 8. 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 Pu	⁹⁰ Sr	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	⁹⁰ Sr
1	8,5	28,7	2,6	24,7	5,5	18,7	1,7	16,1
2	9,6	19,6	22,1	53,4	6,2	12,7	14,4	34,7
3	5,0	9,2	2,8	77,6	3,3	5,9	1,8	50,4
4	9,7	15,6	78,8	31,8	6,3	10,1	51,2	15,5
5	24,9	31,0	37,0	19,7	16,2	20,2	24,1	12,8
6	17,7	33,4	80,3	58,4	11,5	21,7	52,2	37,9
7	14,0	12,9	12,8	25,4	9,1	8,4	8,3	16,5
8	24,0	17,1	27,7	13,0	15,6	11,1	18,0	8,5
min	5,0	9,2	2,6	13,0	3,3	5,9	1,7	8,5
max	24,9	33,4	80,3	77,6	16,2	21,7	52,2	50,4

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

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

где:

K_{Π} – 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 – суммарная активность i -го радионуклида в почве по всей глубине его распространения, Бк;

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

Коэффициент K_{Π} определяется для каждой выделенной зоны.

В каждой выделенной зоне использовалось среднее значение K_{Π} .

Площадная активность радионуклидов рассчитывалась по формуле:

$$A_{s,i} = \frac{K_{\Pi} \times A_{i,0-5}}{S}, \quad (6)$$

где:

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

K_{Π} – 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, m^2 .

Средние значения коэффициента K_n определялись для каждой выделенной области и представлены в таблице (Таблица 9).

Таблица 9. Средние значения коэффициентов K_n

Коэффициент K_n	Значение
Область повышенных значений ^{241}Am	
K_n радионуклида ^{241}Am	0,3866
K_n радионуклида $^{239+240}Pu$	0,7629
Остальная часть обследуемого участка	
K_n радионуклида ^{137}Cs	0,6587
K_n радионуклида ^{90}Sr	0,2482
K_n радионуклида ^{241}Am	0,3411
K_n радионуклида $^{239+240}Pu$	0,3257

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

Значения площадной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}Pu$ и ^{90}Sr рассчитаны по формуле (6) и представлены в приложении (Приложение 4).

Согласно расчетной оценке (Приложение 4), площадная активность ^{137}Cs в почве варьирует от 0,013 до 1,327 kBq/m^2 , ^{241}Am – от 0,011 до 0,176 kBq/m^2 , $^{239+240}Pu$ – от 0,090 до 1,999 kBq/m^2 , ^{90}Sr – 0,004 до 0,462 kBq/m^2 .

По полученным данным построены карты распределения площадной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}Pu$ и ^{90}Sr на обследуемом земельном участке (Рисунок 18 - Рисунок 21).

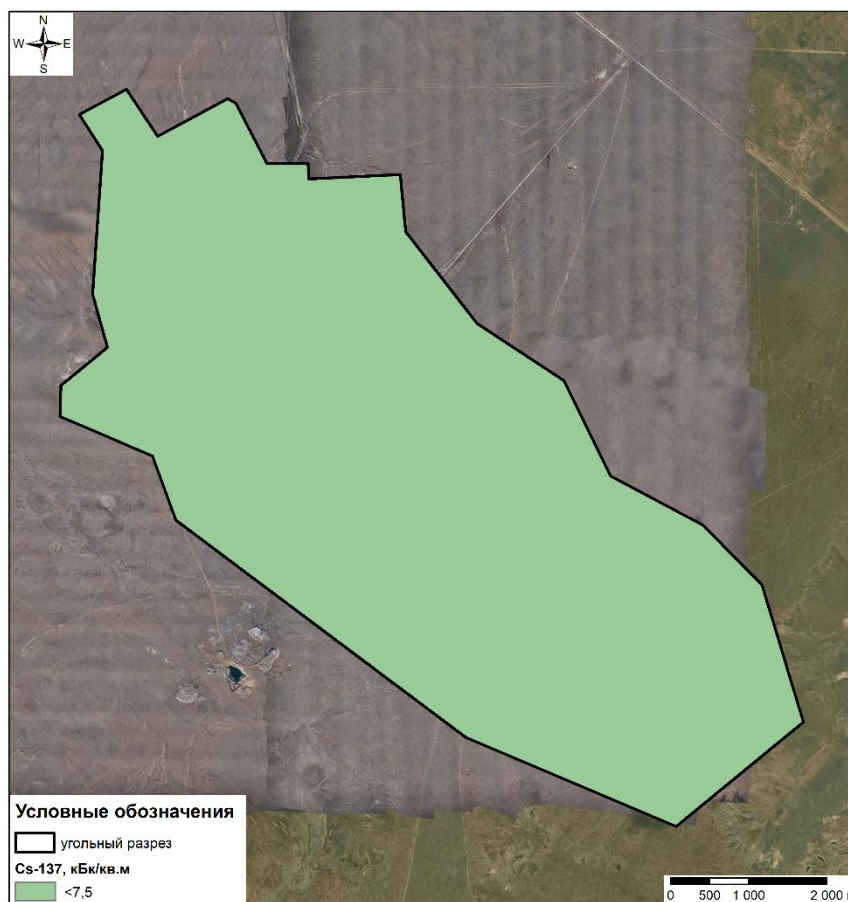


Рисунок 18. Карта распределения площадной активности ^{137}Cs

По результатам определения площадной активности ^{137}Cs (Рисунок 18), во всех точках обследования значения площадной активности ^{137}Cs не превышают значения 75 кБк/м^2 , что позволяет отнести обследуемый земельный участок к территории с «относительно удовлетворительной ситуацией», согласно «Критериям оценки экологической обстановки территорий» [41].

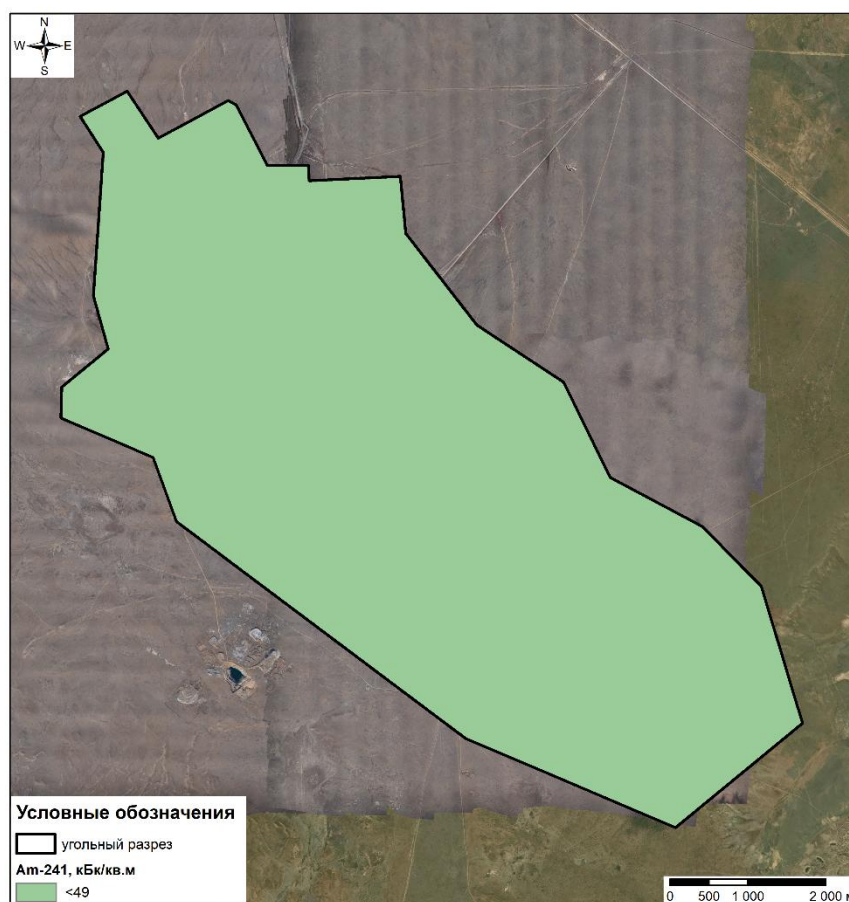


Рисунок 19. Карта распределения площадной активности ^{241}Am

По результатам определения площадной активности ^{241}Am (Рисунок 19), 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» [41].

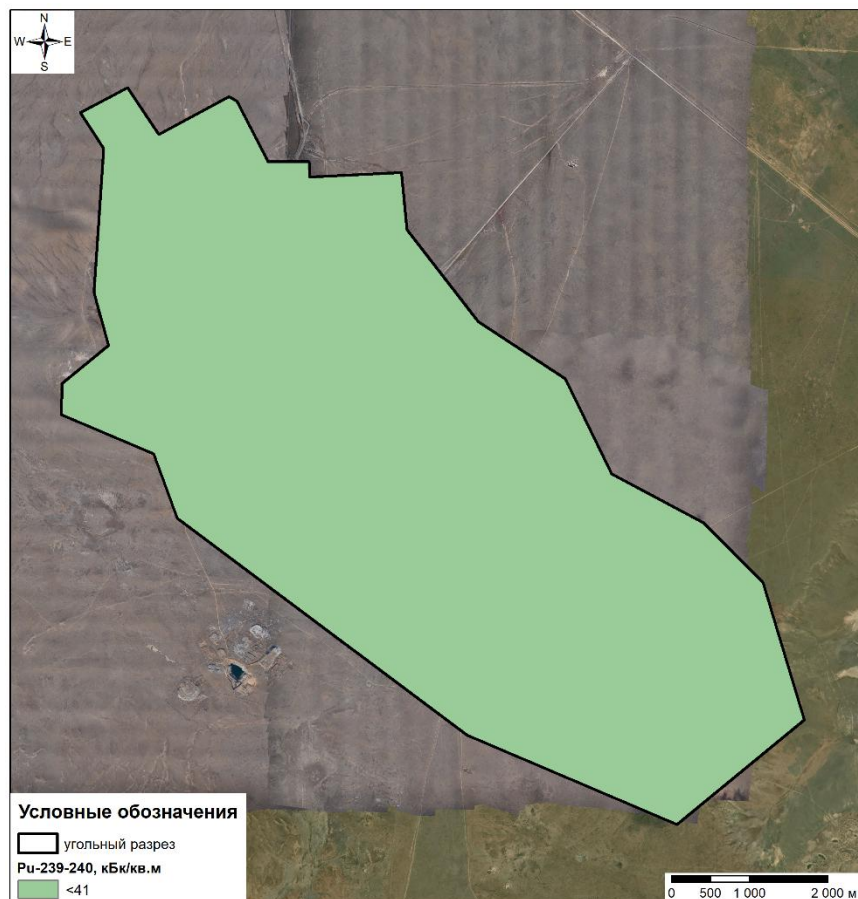


Рисунок 20. Карта распределения площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$

По результатам определения площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$ (Рисунок 20), 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» [41].

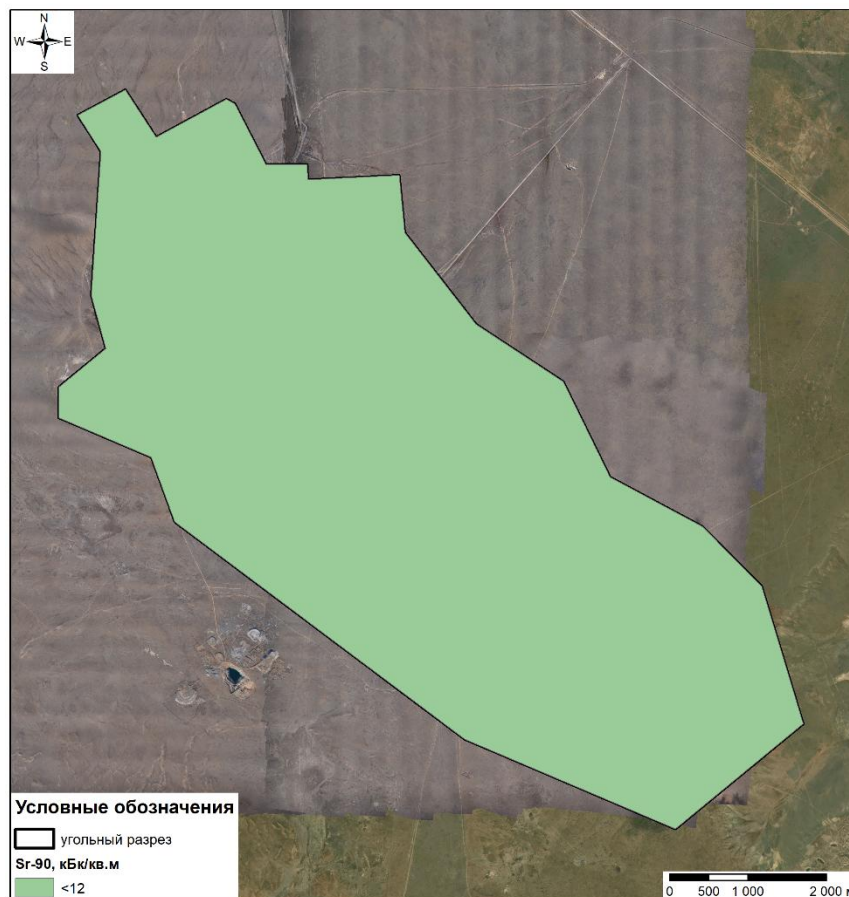


Рисунок 21. Карта распределения площадной активности ^{90}Sr

По результатам определения площадной активности ^{90}Sr (Рисунок 21), 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» [41].

Выводы по подразделу «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» [41].

2.2 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ НЕДР

Обследование радиационного состояния недр проводится с целью определения степени радиоактивного загрязнения минерального сырья, а также степени радиационной опасности, возникающей при добыче, переработке и использовании минерального сырья, при производстве строительных материалов, а также в процессе рекультивации после завершения разработки месторождений.

Степень радиоактивного загрязнения недр определяется по содержанию радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в исходном минеральном сырье, вскрышных породах, отходах (шлаках), образуемых при отстаивании карьерных вод в прудах-отстойниках и прудах-испарителях, на площадках отгрузки минерального сырья [2].

При оценке радиационного состояния недр определялось содержание радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в минеральном сырье (добываемый уголь месторождения «Каражыра»).

2.2.1 Определение удельной активности радионуклидов в минеральном сырье (каменном угле)

Для определения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ произведен отбор проб минерального сырья (каменного угля).

Отбор проб проводился в соответствии со стандартом СТ РК ИСО 18283-2008 [42]. Всего отобрано 3 пробы минерального сырья (каменного угля).

Схема расположения точек отбора проб показана на рисунке (Рисунок 22).

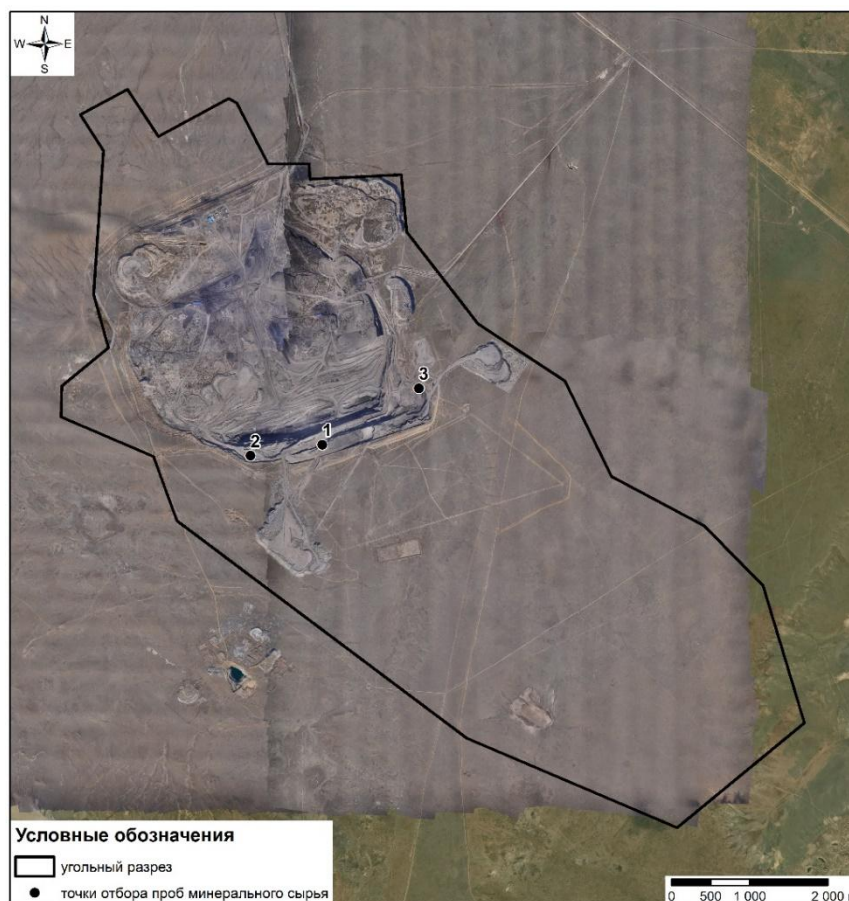


Рисунок 22. Схема расположения точек отбора проб минерального сырья (каменного угля)

Определение удельной активности ^{137}Cs и ^{241}Am в минеральном сырье (каменном угле) выполнялось в соответствии методикой измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine» [37], ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ – в соответствии с методикой определения удельной активности искусственных радионуклидов в объектах окружающей среды [40].

Результаты определения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ представлены в таблице (Таблица 10).

Таблица 10. Результаты лабораторных анализов проб минерального сырья (каменного угля)

Точка отбора	Дата отбора	Географические координаты		Удельная активность, Бк/кг			
		Широта	Долгота	^{137}Cs	^{241}Am	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
1	06.11.2025 г.	50°0'31,5''	78°44'39,2''	<0,5	<1,8	4,7±1,5	<0,4
2	06.11.2025 г.	50°0'26,0''	78°43'53,3''	<0,5	<1,6	3,5±1,1	<0,3
3	06.11.2025 г.	50°0'56,1''	78°45'40,1''	<0,4	<2,7	3,5±1,6	<0,5

Из таблицы (Таблица 10) видно, что удельная активность ^{90}Sr в пробах минерального сырья (каменного угля) варьирует от $3,5 \pm 1,1$ Бк/кг до $4,7 \pm 1,5$ Бк/кг, содержание радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ находится ниже предела обнаружения используемого аппаратурно-методического обеспечения и составляет $<0,5$ Бк/кг, $<2,7$ Бк/кг и $<0,5$ Бк/кг, соответственно.

По полученным данным построены карты распределения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в минеральном сырье (Рисунок 23).

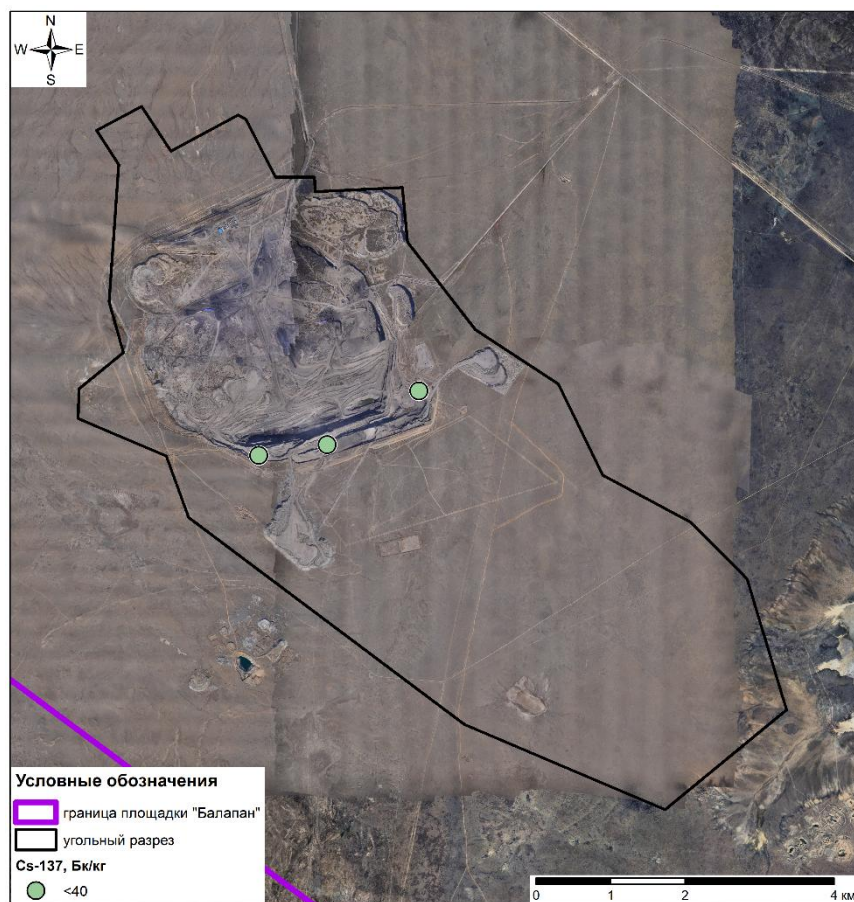


Рисунок 23. Карта распределения удельной активности ^{137}Cs

По результатам определения удельной активности ^{137}Cs (Таблица 10, Рисунок 23) видно, что во всех точках обследования содержание ^{137}Cs в минеральном сырье (каменном угле) не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (10000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ^{137}Cs [38].

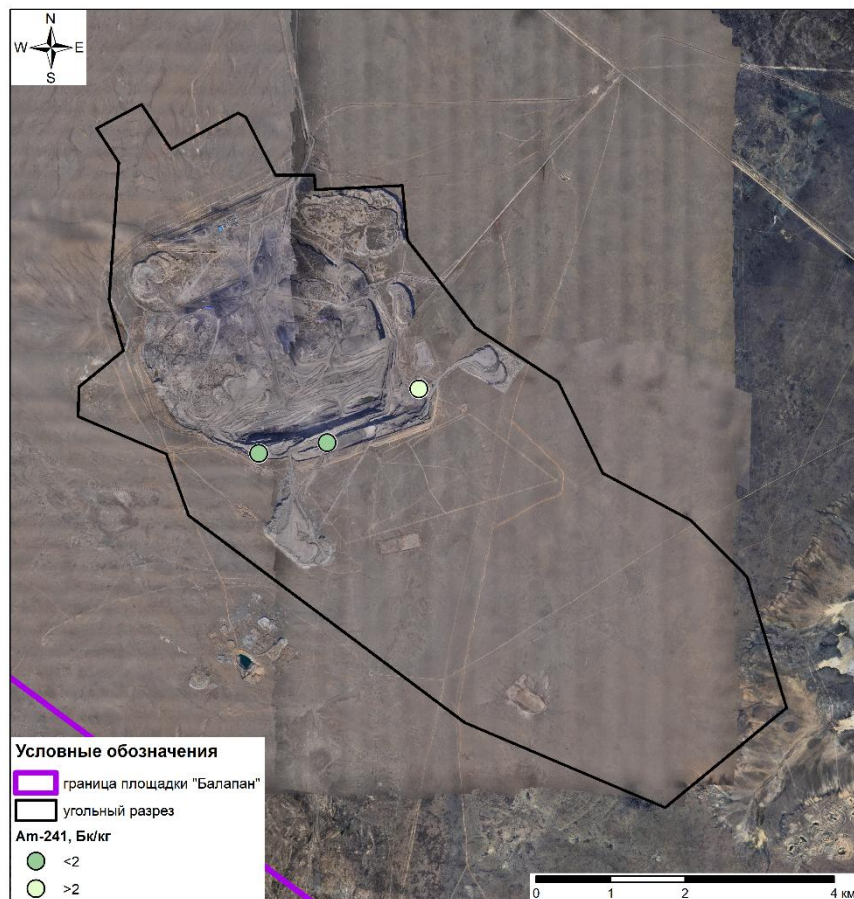


Рисунок 24. Карта распределения удельной активности ^{241}Am

По результатам определения удельной активности ^{241}Am (Таблица 10, Рисунок 24) видно, что во всех точках обследования содержание ^{241}Am в минеральном сырье (каменном угле) не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (1000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ^{241}Am [38].

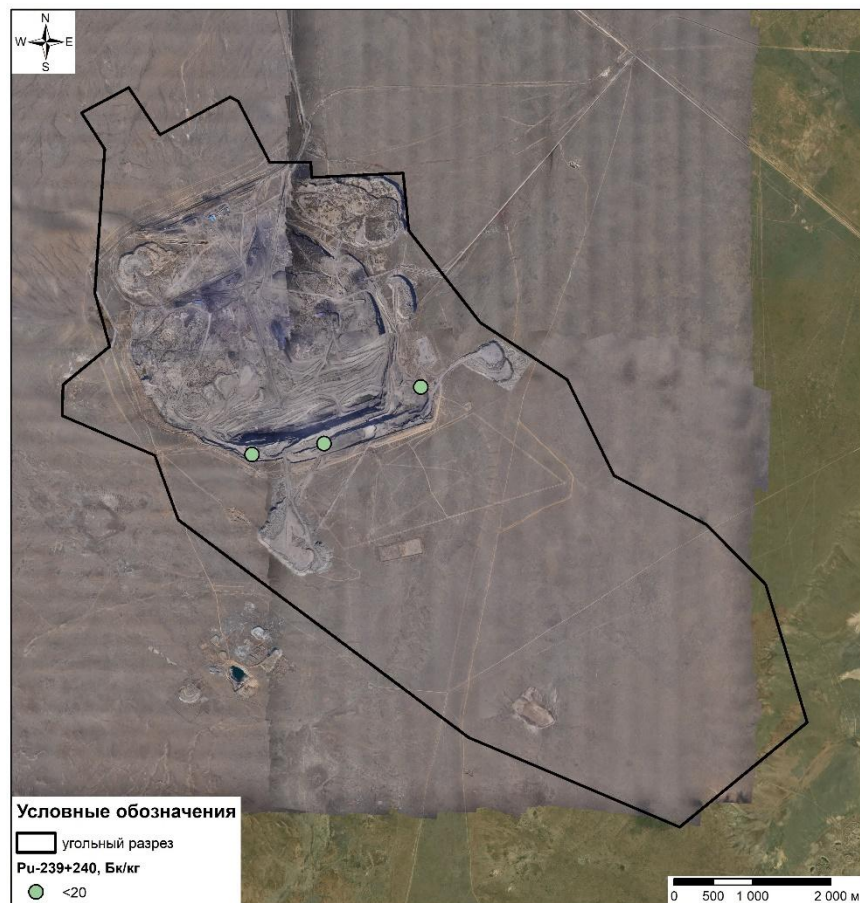


Рисунок 25. Карта распределения удельной активности $^{239+240}Pu$

По результатам определения удельной активности $^{239+240}Pu$ (Таблица 10, Рисунок 25) видно, что во всех точках обследования содержание $^{239+240}Pu$ в минеральном сырье (каменном угле) не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (1000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида $^{239+240}Pu$ [38].

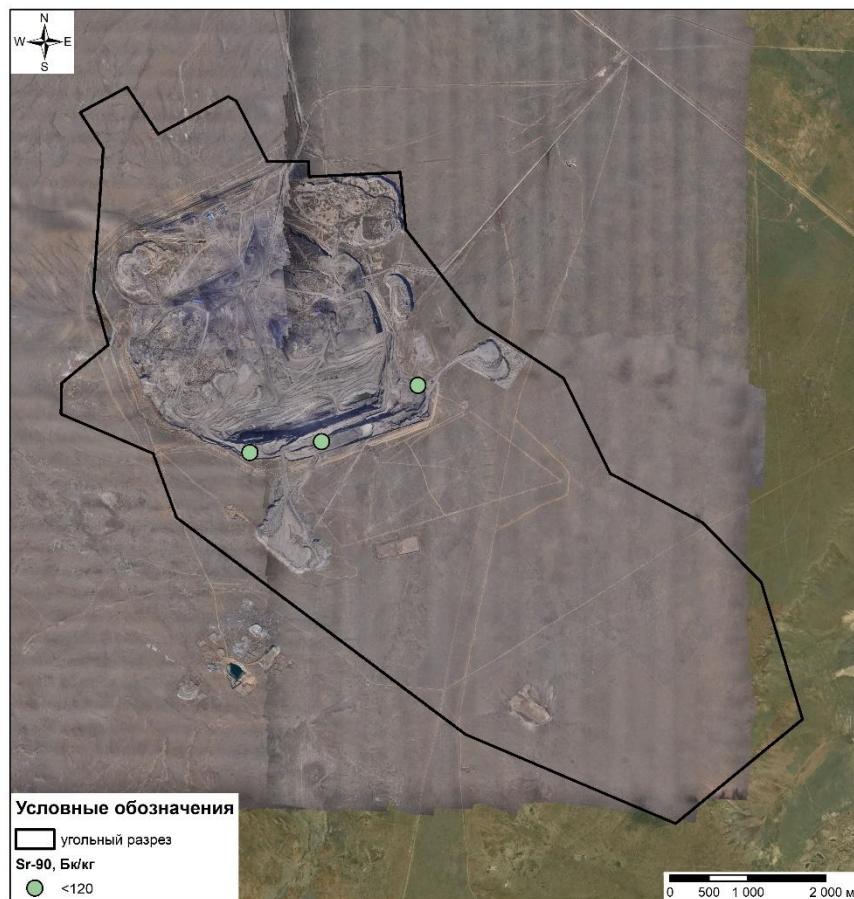


Рисунок 26. Карта распределения удельной активности ^{90}Sr

По результатам определения удельной активности ^{90}Sr (Таблица 10, Рисунок 26) видно, что во всех точках обследования содержание ^{90}Sr в минеральном сырье (каменном угле) не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (100000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ^{90}Sr [38].

Установление системы ограничений и вида безопасного использования твердого топлива (угля) производится на основании анализа удельной активности природных радионуклидов. Сумма отношений удельной активности радионуклидов урана (радия) и тория к минимально значимым удельным активностям ($C_{\text{уголь}}$), определялась по формуле, приведенной в п. 40 Гигиенических нормативов:

$$C_{\text{уголь}} = \frac{A_{U(Ra)}}{1000} + \frac{A_{Th}}{1000}, \quad (7)$$

где:

$A_{U(Ra)}$, A_{Th} – удельная активность U (^{226}Ra), ^{232}Th , находящихся в радиоактивном равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов, соответственно, Бк/кг.

1000 – МЗУА природного урана и тория, Бк/кг [38].

Результаты расчета $C_{\text{уголь}}$ представлены на рисунке (Рисунок 27).

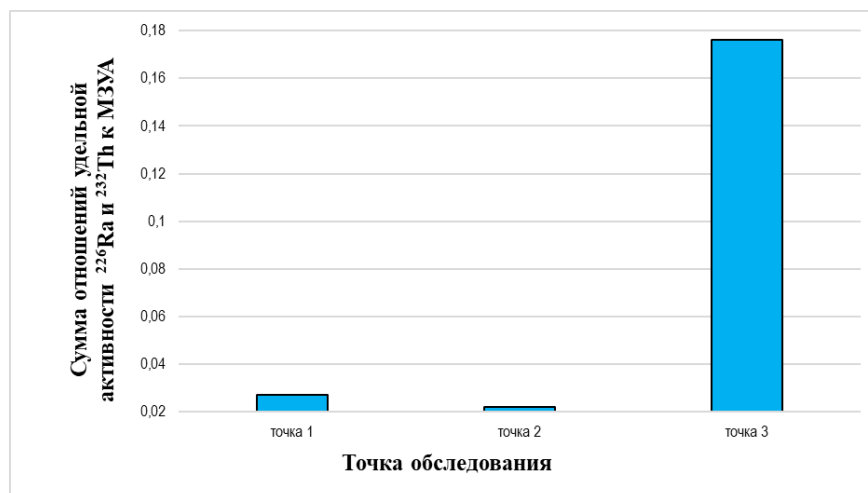


Рисунок 27. Сумма отношений удельной активности радионуклидов урана (радия) и тория к МЗУА в угле, добываемом на месторождении «Каражыра»

Из рисунка (Рисунок 27) видно, что значения $C_{\text{уголь}}$, полученные для обследуемого угля варьируют от 0,02 до 0,18, что ниже в 5-50 раз нормативного уровня (1 Бк/кг), характеризующего I класс радиационной опасности угля, согласно Гигиеническим нормативам [38]. Следовательно, обследованный уголь может использоваться в качестве энергетического сырья в хозяйственной деятельности без ограничений.

2.2.2 Определение удельной активности радионуклидов в отходах добычи и переработки угля (угольный шлам, вскрышные породы)

Для определения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ произведен отбор проб угольного шлама и вскрышных пород. Всего отобрано 4 пробы отходов добычи и переработки угля.

Схема расположения точек отбора проб показана на рисунке (Рисунок 28).

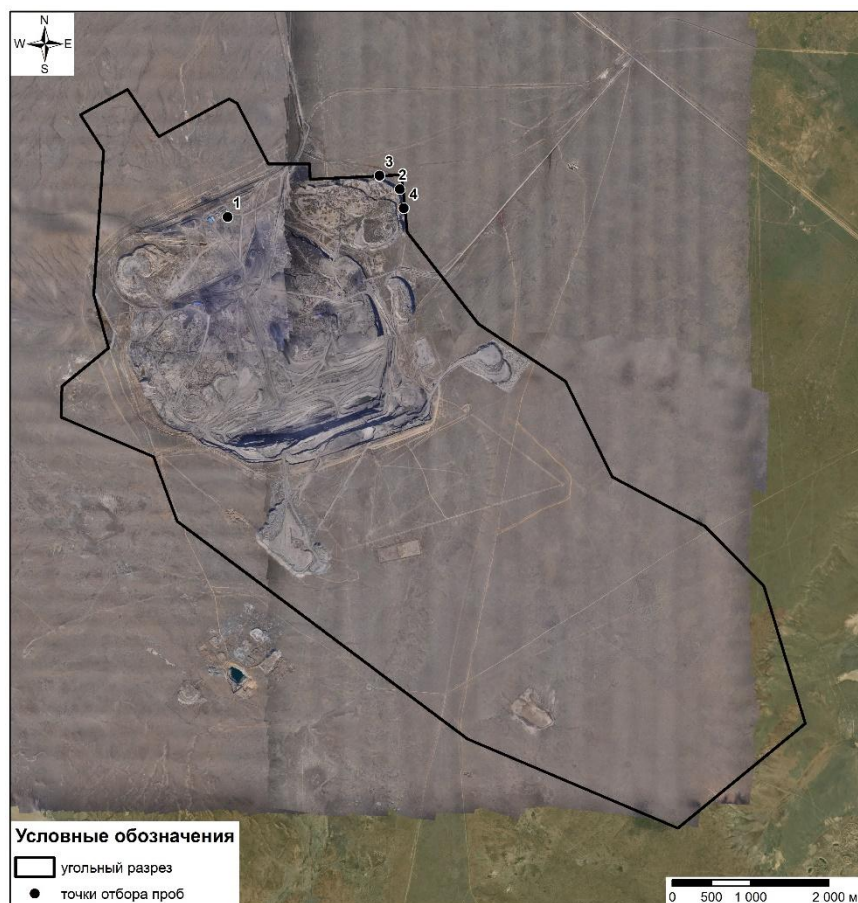


Рисунок 28. Схема расположения точек отбора проб отходов добычи и переработки угля (угольного шлама, вскрышных пород)

Определение удельной активности ^{137}Cs и ^{241}Am в угольном шламе и вскрышных попрах выполнялось в соответствии методикой измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine» [37], ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ – в соответствии с методикой определения удельной активности искусственных радионуклидов в объектах окружающей среды [40].

Результаты определения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ представлены в таблице (Таблица 11).

Таблица 11. Результаты лабораторных анализов проб шлама

Точка отбора	Географические координаты		Удельная активность, Бк/кг				Примечание
	Широта	Долгота	^{137}Cs	^{241}Am	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$	
1	50°02'4,61''	78°43'33,7''	<0,6	<1,1	<1,0	<0,5	угольный шлам
2	50°02'18,3''	78°45'23,8''	<1,2	<0,7	12±2	<0,4	вскрышные породы
3	50°02'23,7''	78°45'10,5''	<1,1	<0,8	8,3±1,4	<0,4	вскрышные породы
4	50°02'10,5''	78°45'26,7''	<1,2	<0,7	6,0±1,1	<0,4	вскрышные породы

Из таблицы (Таблица 11) видно, что удельная активность ^{90}Sr в отобранных пробах варьирует от нижнего предела обнаружения (1,0 Бк/кг) до 12±2 Бк/кг, ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ – находится ниже предела обнаружения используемого аппаратурно-методического обеспечения и составляет <1,2 Бк/кг, <1,1 Бк/кг и <0,5 Бк/кг, соответственно.

По полученным данным построены карты распределения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в угольном шламе (Рисунок 29 – Рисунок 32).

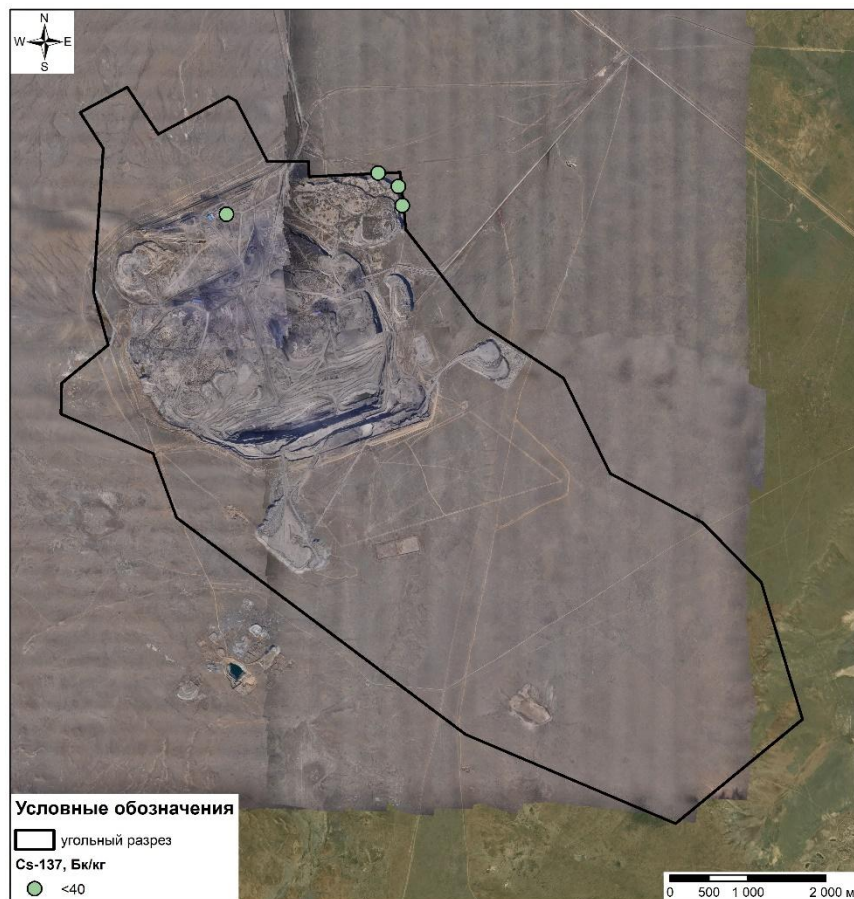


Рисунок 29. Карта распределения удельной активности ^{137}Cs

По результатам определения удельной активности ^{137}Cs (Таблица 11, Рисунок 29) видно, что в обследованном угольном шламе и вскрышных породах содержание ^{137}Cs не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (10000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ^{137}Cs [38].

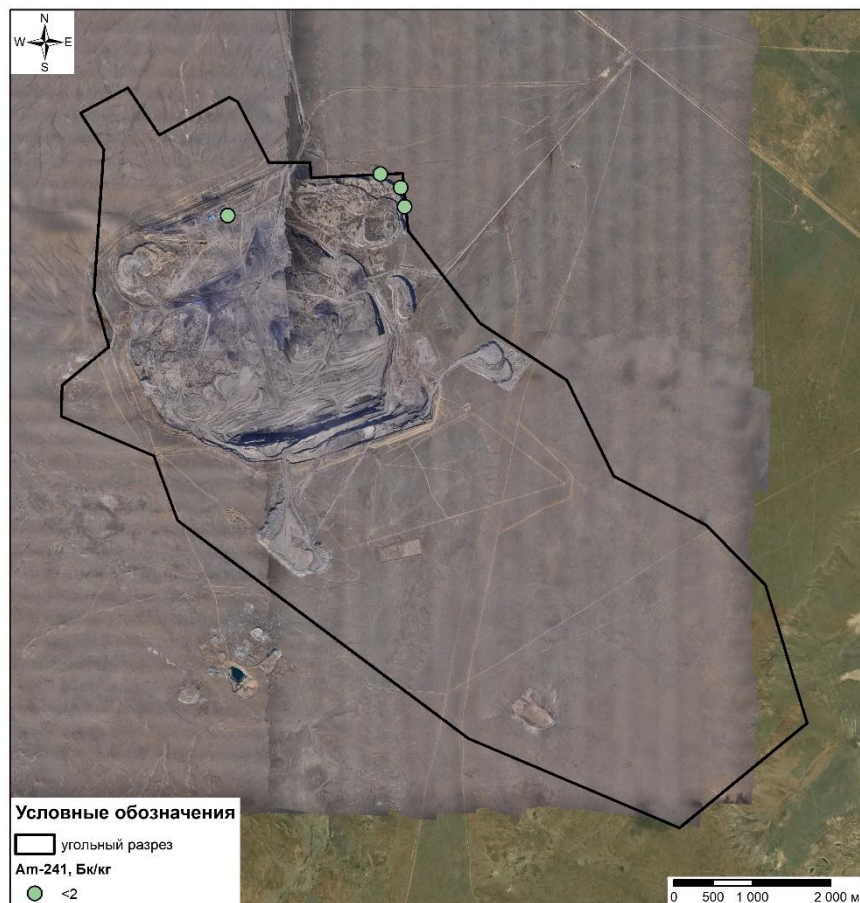


Рисунок 30. Карта распределения удельной активности ^{241}Am

По результатам определения удельной активности ^{241}Am (Таблица 11, Рисунок 30) видно, что в обследованном угольном шламе и вскрышных породах содержание ^{241}Am не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (1000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ^{241}Am [38].

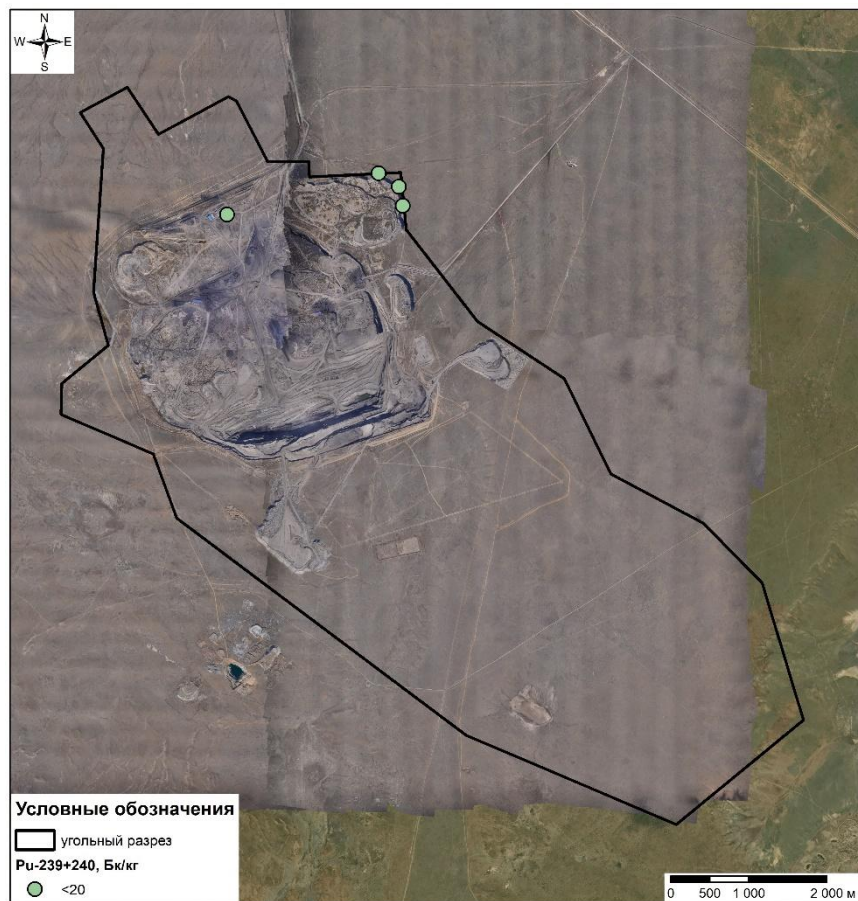


Рисунок 31. Карта распределения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$

По результатам определения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ (Таблица 11, Рисунок 31) видно, что в обследованном угольном шламе и вскрышных породах содержание $^{239+240}\text{Pu}$ не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (1000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ [38].

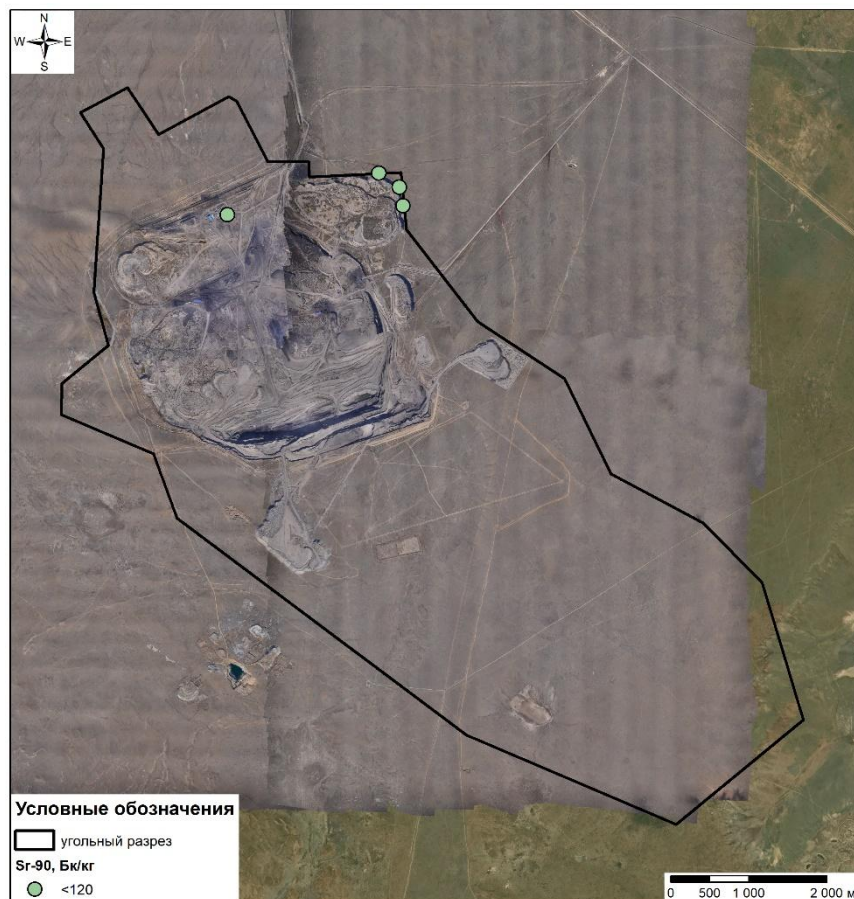


Рисунок 32. Карта распределения удельной активности ^{90}Sr

По результатам определения удельной активности ^{90}Sr (Таблица 11, Рисунок 32) видно, что в обследованном угольном шламе и вскрышных породах содержание ^{90}Sr не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (100000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ^{90}Sr [38].

Выводы по разделу «Радиационное состояние недр»

По результатам определения удельной активности радионуклидов установлено, что содержание ^{241}Am в минеральном сырье (каменном угле) месторождения «Каражыра» варьирует от нижнего предела обнаружения ($<1,6$ Бк/кг) до $2,1 \pm 0,2$ Бк/кг, ^{90}Sr – от $3,5 \pm 1,1$ Бк/кг до $4,7 \pm 1,5$ Бк/кг, удельная активность радионуклидов ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$ находится ниже предела обнаружения используемого аппаратно-методического обеспечения и составляет $<0,5$ Бк/кг и $<0,5$ Бк/кг, соответственно. Превышение значения минимально значимой удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в обследованных точках не зарегистрировано (^{137}Cs – 10000 Бк/кг, ^{241}Am – 1000 Бк/кг, ^{90}Sr – 100000 Бк/кг и $^{239+240}\text{Pu}$ – 1000 Бк/кг), согласно Гигиеническим нормативам [38].

Обследованный уголь месторождения «Каражыра» относится к I классу радиационной опасности и может использоваться в качестве энергетического сырья в хозяйственной деятельности без ограничений, согласно Гигиеническим нормативам [38].

Удельная активность ^{90}Sr в обследованных отходах добычи и переработке угля (угольном шламе, вскрышных породах) месторождения «Каражыра» варьирует от нижнего предела обнаружения (1,0 Бк/кг) до 12 ± 2 Бк/кг, ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ – находится ниже предела обнаружения используемого аппаратно-методического обеспечения и составляет $<1,2$ Бк/кг, $<1,1$ Бк/кг и $<0,5$ Бк/кг, соответственно. Превышение значения минимально значимой удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в пробах шлама не зарегистрировано (^{137}Cs – 10000 Бк/кг, ^{241}Am – 1000 Бк/кг, ^{90}Sr – 100000 Бк/кг и $^{239+240}\text{Pu}$ – 1000 Бк/кг), согласно Гигиеническим нормативам [38].

2.3 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 [38], 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.

2.3.1 Определение удельной активности радионуклидов в поверхностных водах

Обследовались все водные объекты, нанесенные на топографическую карту М-44-В масштаба 1:500000, в пределах исследуемой территории угольного разреза (гл. 1 Общая характеристика обследуемого земельного участка), в которых на момент обследования была вода.

Всего было обследовано 5 водных объектов. В озере, идентифицированном на исследуемой территории, водоявление отсутствовало.

Схема расположения точек отбора проб воды представлена на рисунке (Рисунок 33).

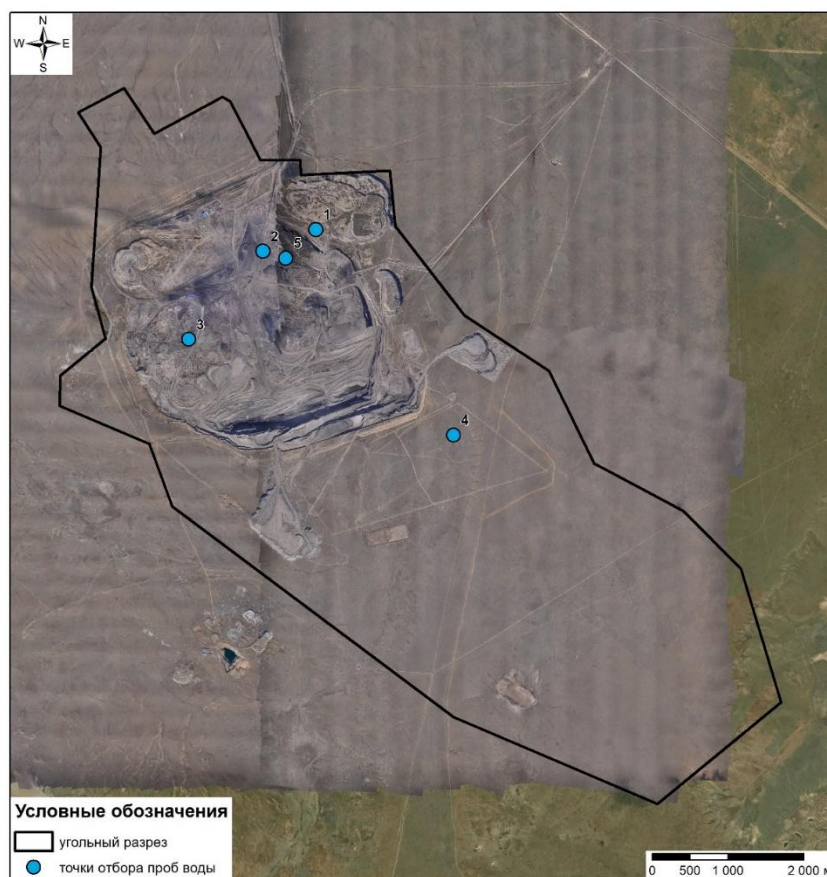


Рисунок 33. Схема расположения точек отбора проб воды из поверхностных водных объектов на территории угольного разреза

Отбор проб воды проводился в соответствии с СТ РК ГОСТ Р 51592 [43].

Во всех отобранных пробах воды определена удельная активность радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr и ^3H .

Значения удельной активности радионуклидов в воде представлены в таблице (Таблица 12).

Таблица 12. Содержание техногенных радионуклидов в поверхностных водах

№ п/п	Наименование объекта	Точка отбора	Удельная активность, Бк/кг					Примечание
			^3H	^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$	
1.	Угольный разрез	Т.1	< 6	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,00025	ручей
2.	Угольный разрез	Т.2	< 6	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,00024	карьер
3.	Угольный разрез	Т.3	< 6	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,00053	ручей
4.	Угольный разрез	Т.4	< 6	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,00021	карьер
5.	Угольный разрез	Т.5	< 6	< 0,03	< 0,01	< 0,07	< 0,00028	озеро
Уровень вмешательства			7600	0,69	11	4,9	0,55	

Согласно полученным результатам удельная активность радионуклидов ^3H , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в поверхностных водах угольного разреза не превышает значения уровней вмешательства (^3H – 7600 Бк/кг, ^{90}Sr – 4,9 Бк/кг, ^{137}Cs – 11 Бк/кг, ^{241}Am – 0,69 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – 0,55 Бк/кг), указанных в Гигиенических нормативах для питьевой воды [38].

Выводы по разделу «Определение содержания радионуклидов в поверхностных водах»

Результаты проведенного обследования показали, что уровни содержания техногенных радионуклидов ^3H , ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ в поверхностных водах обследуемого земельного участка не превышают нормативные значения. Это связано с тем, что питание поверхностных вод в данной местности в большей степени осуществляется за счет паводковых вод в весенний период и атмосферных осадков в летне-осенний период, которые изначально не содержат техногенных радионуклидов. Миграция радионуклидного загрязнения на территорию угольного разреза с подземными водами в настоящее время не наблюдается. С точки зрения содержания радионуклидов ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^3H поверхностные воды обследованной территории не являются источником радиационного риска для персонала и окружающей среды.

2.3.2 Определение удельной активности радионуклидов в подземных водах

С целью определения радиационного состояния подземных вод территории угольного разреза месторождения Каражыра проведена чистка скважины №493 с последующим отбором проб воды для проведения лабораторных анализов. Расположение скважины №493 представлено на схеме (Рисунок 34).

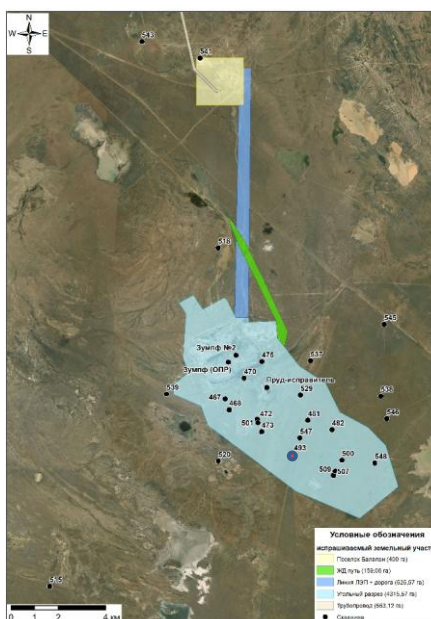


Рисунок 34. Схема расположения скважины №493

Подземные воды на обследуемой территории приурочены к зоне экзогенной нижеюрских отложений. Глубина их залегания изменяется от 5,0 до 6,5 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 [43].

Результаты содержания радионуклидов в подземных водах скважины №1 представлены в таблице (Таблица 13).

Таблица 13. Результаты лабораторных анализов подземных вод, отобранных из пробуренных скважин

№ п/п	Наименование скважин	Удельная активность, Бк/кг					Широта	Долгота
		^3H	^{137}Cs	^{241}Am	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$		
1	№493	<6	<0,01	<0,02	<0,01	$<3,2 \times 10^{-4}$	50°03'23,043"	78°44'56,74"

Согласно полученным результатам, удельная активность радионуклида ^{137}Cs , ^{241}Am и ^3H в подземной воде 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 ^{90}Sr в и $^{239+240}\text{Pu}$. Согласно полученным данным, значения удельной активности радионуклидов находятся ниже пределов обнаружения, которые не превышают для $^{239+240}\text{Pu}$ – $<3,2 \times 10^{-4}$ 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 [38].

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 подземных водах на территории угольного разреза месторождения Каражыра не превышают нормативные значения согласно Гигиеническим нормативам.

2.4 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.

2.4.1 Определение среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе расчетным методом

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.

Расчетный метод определения среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе основан на предположении, что основным загрязнителем воздушной среды в местах, где отсутствуют промышленные предприятия и объекты, является почва, точнее ее мелкодисперсная фракция, которая в виде пыли попадает в воздушную среду.

Зная содержание радионуклидов в мелкодисперсной фракции почвы, а также среднегодовую концентрацию взвешенных частиц в атмосферном воздухе (запыленность) обследуемого земельного участка, можно рассчитать среднегодовую объемную активность радионуклидов в атмосферном воздухе.

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

$$A_{v,i} = K_{\phi i} \times A_{mi, почва} \times \rho_{sus}, \quad (8)$$

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.

2.4.1.1 Определение коэффициента $K_{\phi i}$

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

$$K_{\phi, i} = \frac{A_{mi, \phi}}{A_{mi, n}}, \quad (9)$$

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 43,2 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 35).

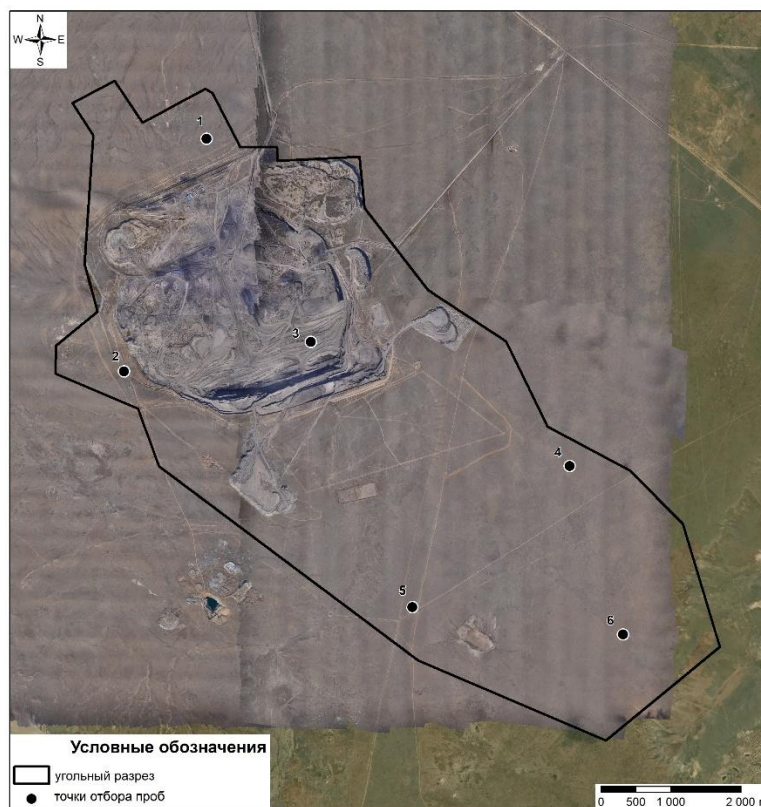


Рисунок 35. Схема расположения точек отбора проб почвы

Отбор проб и определение объемной активности радионуклидов в воздухе выполнялись в соответствии с межгосударственным стандартом и методиками [36, 37, 40].

Выделение из проб почвы фракции почвы размером <10 мкм выполнялось методом седиментации в водной среде [44].

Значения коэффициентов K_{fi} для радионуклидов рассчитаны по формуле (9) и представлены в таблицах (Таблица 14 – Таблица 17).

Таблица 14. Значения коэффициента K_f для радионуклида ^{137}Cs

№ участка	Участок	Точка отбора	Удельная активность радионуклида, Бк/кг		K _ф Cs
			почва, неразделенная на фракции	фракция почвы размером <10 мкм	
1	угольный разрез	1	31±6	88 ± 18	2,84
		2	18±4	30 ± 6	1,67
		3	3,4±0,7	5,3 ± 1,1	1,56
		4	20±4	34 ± 7	1,70
		5	14±3	20 ± 4	1,43
		6	4,8±0,1	7,9 ± 1,6	1,65
Среднее значение					1,81

Таблица 15. Значения коэффициента K_f для радионуклида ^{90}Sr

№ участка	Участок	Точка отбора	Удельная активность радионуклида, Бк/кг		K _{фSr}
			почва, неразделенная на фракции	фракция почвы размером <10 мкм	
1	угольный разрез	1	6,8 ± 1,1	2900 ± 400	426,47
		2	9,2 ± 1,4	260 ± 40	28,26
		3	10,6 ± 1,6	320 ± 50	30,19
		4	8,8 ± 1,3	440 ± 70	50,00
		5	7,1 ± 1,1	250 ± 40	35,21
		6	6,1 ± 1,1	290 ± 40	47,54
Среднее значение					102,95

Таблица 16. Значения коэффициента K_f для радионуклида ^{241}Am

№ участка	Участок	Точка отбора	Удельная активность радионуклида, Бк/кг		K _{фAm}
			почва, неразделенная на фракции	фракция почвы размером <10 мкм	
1	угольный разрез	1	7,0±1,4	14 ± 3	2,00
		2	8,0±1,6	10,0 ± 2,0	1,25
		3	<1,9	1,8 ± 0,6	0,95
		4	7,0±1,7	9,4 ± 1,9	1,34
		5	4,1±1,1	3,8 ± 0,8	0,93
		6	2,9±0,6	2,2 ± 0,9	0,76
Среднее значение					1,20

Таблица 17. Значения коэффициента K_f для радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$

№ участка	Участок	Точка отбора	Удельная активность радионуклида, Бк/кг		K _{фPu}
			почва, неразделенная на фракции	фракция почвы размером <10 мкм	
1	угольный разрез	1	58±8	123 ± 18	2,12
		2	46±7	134 ± 20	2,91
		3	<0,5	6,4 ± 2,7	12,80
		4	68±9	105 ± 16	1,54
		5	23±5	26 ± 5	1,13
		6	11±3	11 ± 4	1,00
Среднее значение					3,58

Согласно полученным результатам (Таблица 14 – Таблица 17), для обследуемого для участка значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs в почве, неразделенной на фракции, варьируют в пределах от $3,4 \pm 0,7$ до 31 ± 6 Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от $5,3 \pm 1,1$ до 88 ± 18 Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{f\text{Cs}}$ для данной зоны составляет 1,81.

Значения удельной активности радионуклида ^{90}Sr в почве, неразделенной на фракции, для участка варьируют в пределах от $6,1 \pm 1,1$ до $10,6 \pm 1,6$ Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм

– от 250 ± 40 до 2900 ± 400 Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{фSr}$ для данной зоны составляет 102,95.

Значения удельной активности радионуклида ^{241}Am в почве, неразделенной на фракции, для участка варьируют в пределах от нижнего предела обнаружения ($<1,9$ Бк/кг) до $8,0 \pm 1,6$ Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от $1,8 \pm 0,6$ до 14 ± 3 Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{фAm}$ для данной зоны составляет 1,20.

Значения удельной активности радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ в почве, неразделенной на фракции, для исследуемого участка – от нижнего предела обнаружения ($<0,5$ Бк/кг) до 68 ± 9 Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от $6,4 \pm 2,7$ до 134 ± 20 Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{фPu}$ для данной зоны составляет 3,58.

2.4.1.2 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 18).

Таблица 18. 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 [45].

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 $K_{ф}$ (Таблица 19).

Таблица 19. Средние значения коэффициентов $K_{ф}$

Коэффициент $K_{ф}$	Значение
$K_{ф}$ радионуклида ^{137}Cs	1,81
$K_{ф}$ радионуклида ^{90}Sr	102,95
$K_{ф}$ радионуклида ^{241}Am	1,20
$K_{ф}$ радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	3,58

Используя полученные коэффициенты $K_{ф}$ (Таблица 19) и значения удельной активности радионуклидов (Приложение 1, Приложение 2, Приложение 3), выполнен расчет среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе для обследуемой территории по формуле (8) (Таблица 20).

Таблица 20. Расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклидов

Точка отбора	Среднегодовая объемная активность радионуклидов, Бк/м ³			
	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
минимальное	$6,72 \times 10^{-9}$	$6,08 \times 10^{-9}$	$3,23 \times 10^{-7}$	$1,70 \times 10^{-7}$
максимальное	$9,41 \times 10^{-8}$	$6,28 \times 10^{-7}$	$3,30 \times 10^{-5}$	$1,62 \times 10^{-6}$
ДОНас*	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$

Согласно полученным данным (Приложение 5, Таблица 20) расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклида ¹³⁷Cs в воздухе варьируют в пределах от $6,08 \times 10^{-9}$ до $6,28 \times 10^{-7}$ Бк/м³, ⁹⁰Sr – от $3,23 \times 10^{-7}$ до $3,30 \times 10^{-5}$ Бк/м³, ²⁴¹Am – от $6,72 \times 10^{-9}$ до $9,41 \times 10^{-8}$ Бк/м³, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – от $1,70 \times 10^{-7}$ до $1,62 \times 10^{-6}$ Бк/м³, что не превышает значений допустимой среднегодовой объемной активности ДОНас, согласно Гигиеническим нормативам к обеспечению радиационной безопасности (¹³⁷Cs – 27 Бк/м³, ²⁴¹Am – $2,9 \times 10^{-3}$ Бк/м³, ⁹⁰Sr – 2,7 Бк/м³, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – $2,5 \times 10^{-3}$ Бк/м³) [38].

Выводы по разделу «Радиационное состояние атмосферного воздуха»

Полученные значения объемной активности радионуклидов ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в атмосферном воздухе исследуемой территории не превышают значений допустимой среднегодовой объемной активности ДОНас, установленных в Гигиенических нормативах к обеспечению радиационной безопасности [38].

2.5 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 ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и ⁹⁰Sr 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» [46].

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 36).

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.).

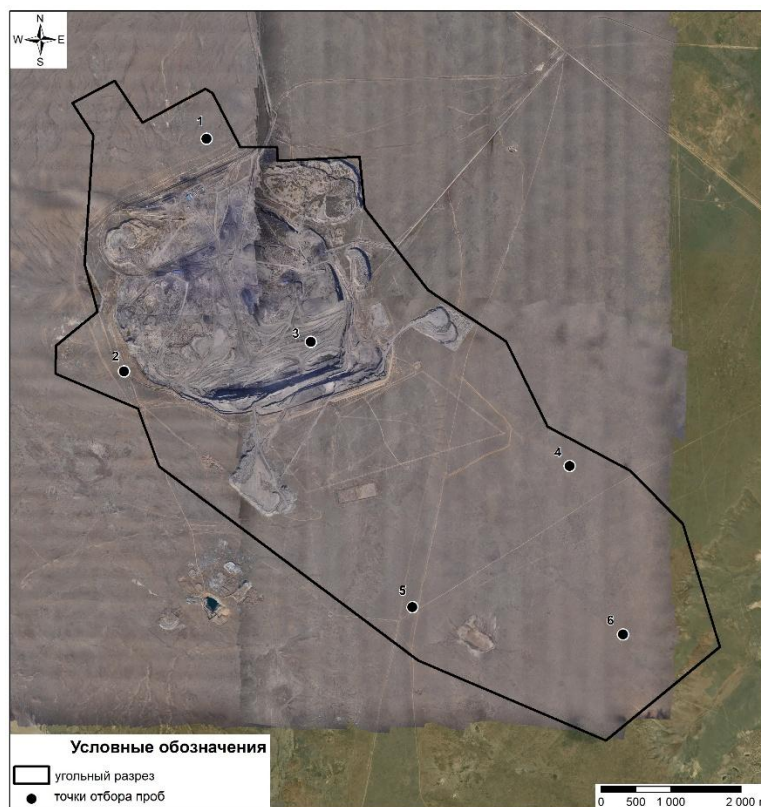


Рисунок 36. Схема расположения точек отбора проб растений

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 угольного разреза приведены в таблице (Таблица 21).

Таблица 21. Удельная активность радионуклидов в растениях

Точка отбора	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг			
	^{137}Cs	^{241}Am	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
1	<0,7	<0,2	14,1±2,1	<0,1
2	<0,4	<0,2	22,0±3,0	<0,1
3	<0,7	<0,9	9,2±2,1	<0,1
4	<1,1	<1,0	8,2±1,8	<0,1
5	<0,4	<1,2	7,4±2,0	<0,1
6	<0,5	<0,9	4,2±0,9	<0,04

Из таблицы (Таблица 21) видно, что значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в растениях находятся ниже предела обнаружения (<1,1 Бк/кг, <1,2 Бк/кг и <0,1 Бк/кг, соответственно), ^{90}Sr – варьирует в пределах от 4,2±0,9 до 22±3 Бк/кг.

Выводы по разделу «Радиационное состояние растительного мира»

По результатам обследования радиационного состояния растительного мира установлено, что значения удельной активности техногенных радионуклидов ^{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) [47]. 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 .

2.6 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.

2.6.1 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:

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

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 [48, 49].

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 37).

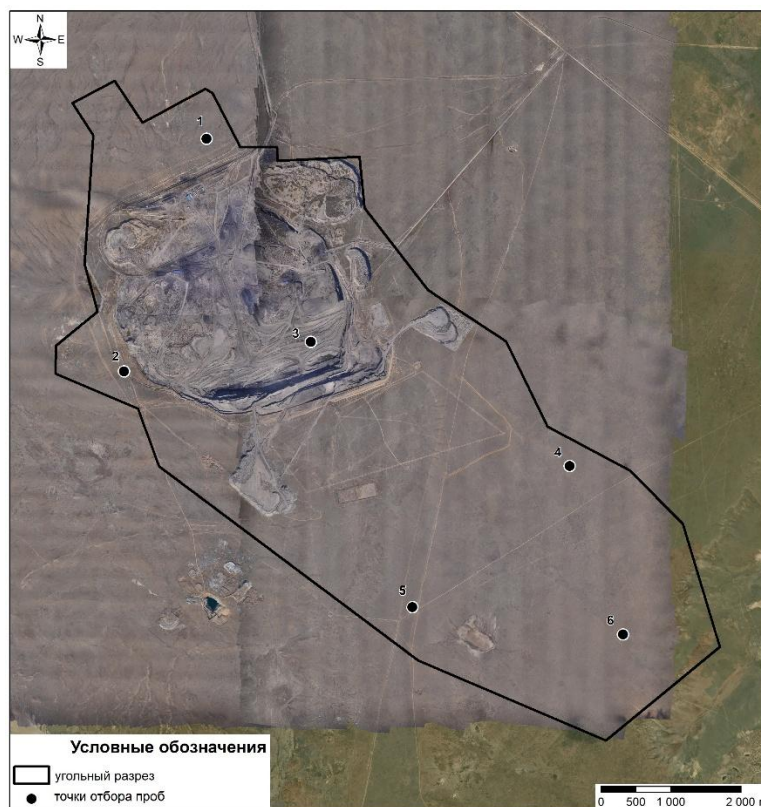


Рисунок 37. Схема расположения точек отбора проб фекалий копытных животных

Методология отбора проб, подготовки их к анализам, анализ проб выполнялись в соответствии с нормативными документами [37, 40, 50].

Значения удельной активности радионуклидов представлены в таблице (Таблица 22).

Таблица 22. 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	$3,2 \pm 0,6$	$<1,0$	23 ± 3	$2,3 \pm 0,7$
2	$0,9 \pm 0,2$	$<0,2$	<4	$2,2 \pm 0,7$
3	$2,1 \pm 0,4$	$<0,6$	<5	$2,2 \pm 0,8$
4	$7,2 \pm 1,5$	$<1,3$	<4	$2,2 \pm 0,8$
5	$1,8 \pm 0,4$	$<0,4$	$<2,0$	$1,5 \pm 0,4$
6	$4,8 \pm 1,0$	$<1,3$	<3	$1,3 \pm 0,6$
Среднее значение	3,3	0,8	6,8	4,1

*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 0,9 Бк/кг до 4,8 Бк/кг, ^{90}Sr – от нижнего предела обнаружения (<2 Бк/кг) до 23 Бк/кг, ^{241}Am – ниже предела обнаружения (от $<0,4$ Бк/кг до $<1,3$ Бк/кг), $^{239+240}\text{Pu}$ – от 1,3 Бк/кг до 2,3 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») [51]. 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 23) приведены средние значения коэффициентов перехода радионуклидов в баранину и говядину.

Таблица 23. Коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию

Вид продукции	F _f из корма на 1 кг (л) продукции			
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²⁴¹ Am	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Баранина (для сайги, косули)	7,6	1,3×10 ⁻²	4,3×10 ⁻⁴	1,2×10 ⁻⁴
Говядина (для лося)	2,2	8,7×10 ⁻²	1,5×10 ⁻²	1,8×10 ⁻⁵

Значения удельной активности радионуклидов в мышечных тканях (в мясе) диких животных расчетным методом рассчитаны по формуле (10) и представлены в таблице (Таблица 24).

Таблица 24. Прогнозируемая удельная активность радионуклидов в мясе диких животных

Вид продукции	Содержание радионуклидов, Бк/кг			
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²⁴¹ Am	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Мясо (сайга, косуля)	3,8	6,1×10 ⁻²	5,3×10 ⁻⁴	1,3×10 ⁻³
Мясо (лось)	2,5	3,1×10 ⁻¹	1,4×10 ⁻²	1,6×10 ⁻⁴
ДУ*	300	100	не нормируется	не нормируется

Примечание: ДУ* – допустимые уровни содержания радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в мясе (мышечных тканях) диких животных, установленные в Гигиенических нормативах [38]

Согласно полученным данным (Таблица 24) ожидаемые значения удельной активности радионуклида ¹³⁷Cs в мясе диких животных варьируют в пределах от 2,5 Бк/кг до 3,8 Бк/кг, ⁹⁰Sr – от 6,1×10⁻² Бк/кг до 3,1×10⁻¹ Бк/кг, что не превышает допустимых уровней, указанных в Гигиенических нормативах к обеспечению радиационной безопасности для мяса диких животных [38]. Ожидаемые значения удельной активности изотопов ²⁴¹Am варьируют в пределах от 5,3×10⁻⁴ Бк/кг до 1,4×10⁻² Бк/кг, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – от 1,6×10⁻⁴ до 1,3×10⁻³ 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 ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в мясе диких животных не ожидается. Прогнозируемые максимальные значения удельной активности радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в мясе диких животных меньше нормативных значений в 79 и 323 раза соответственно.

2.7 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.

2.7.1 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 [52].

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:

$$A_{m,i,prod.} = A_{mi,0-20} \times K_n \times \frac{K_{\%}}{100}, \quad (11)$$

где:

$A_{m,i,prod.}$ – 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 [53]. 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:

$$A_{mi,0-20} = \frac{\sum A_{mi,j} \times 5}{20} \quad (12)$$

где:

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

A_{mij} – удельная активность i -го радионуклида в верхнем слое почвенного покрова до 5 см, Бк/кг.

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 7).

Для дальнейшего расчета использовались максимальные значения коэффициента $K_{n,0-20}$ (Таблица 25).

Таблица 25. 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	0,91
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{241}Am	0,25
$K_{n,0-20}$ радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	0,27

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 [53] и приведены в таблице (Таблица 26).

Таблица 26. 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 [53, 54].

Процент содержания сухого вещества в сельскохозяйственной продукции представлен в таблице (Таблица 27).

Таблица 27. 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 Приложении (Приложение 6).

Средние значения удельной активности радионуклидов в растениеводческой продукции представлены в таблице (Таблица 28).

Таблица 28. Средние значения удельной активности радионуклидов в растениеводческой продукции

Культура	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг					
	^{241}Am	^{137}Cs	ДУ*	^{90}Sr	ДУ*	$^{239+240}\text{Pu}$
Пшеница (зерно)	$1,6 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-3}$	70	0,39	40	$7,1 \times 10^{-3}$
Картофель (клубни)	$8,6 \times 10^{-4}$	$8,2 \times 10^{-3}$	120	0,16	40	$2,1 \times 10^{-3}$
Овощи	$3,6 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-2}$	120	0,52	40	$3,3 \times 10^{-3}$
Фрукты (плоды)	$2,3 \times 10^{-4}$	$3,4 \times 10^{-2}$	40	1,13	30	$1,1 \times 10^{-4}$

Примечание: ДУ* – допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческой продукции, установленные в Гигиенических нормативах [38].

Согласно полученным данным (Таблица 28), средние значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs в растениеводческой продукции составляют: пшеница – $1,8 \times 10^{-3}$ Бк/кг, картофель – $8,2 \times 10^{-3}$ Бк/кг, овощи – $1,6 \times 10^{-2}$ Бк/кг и фрукты – $3,4 \times 10^{-2}$ Бк/кг; ^{90}Sr – 0,39 Бк/кг, 0,16 Бк/кг, 0,52 Бк/кг и 1,13 Бк/кг соответственно, что не превышает допустимых уровней, указанных в Гигиенических нормативах для растениеводческой продукции [38]. Удельная активность радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ составляет: пшеница – $7,1 \times 10^{-3}$ Бк/кг, картофель – $2,1 \times 10^{-3}$ Бк/кг, овощи – $3,3 \times 10^{-3}$ Бк/кг и фрукты – $1,1 \times 10^{-4}$ Бк/кг; ^{241}Am – $1,6 \times 10^{-3}$ Бк/кг, $8,6 \times 10^{-4}$ Бк/кг, $3,6 \times 10^{-4}$ Бк/кг и $2,3 \times 10^{-4}$ Бк/кг соответственно. Содержание радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ 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 ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции растениеводства не ожидается, удельная активность радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в продукции растениеводства не нормируется.

2.7.2 Радиационное состояние животноводческой продукции, которая может быть произведена 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:

$$A_{m,i,\text{прод}} = V_{\text{корм}} \times A_{m,i,\text{корм}} \times K_{n,i,\text{корм}} \quad (13)$$

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 килограмм (литр) продукции.

Для определения удельной активности радионуклидов в корме животных отобрано 6 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 38).

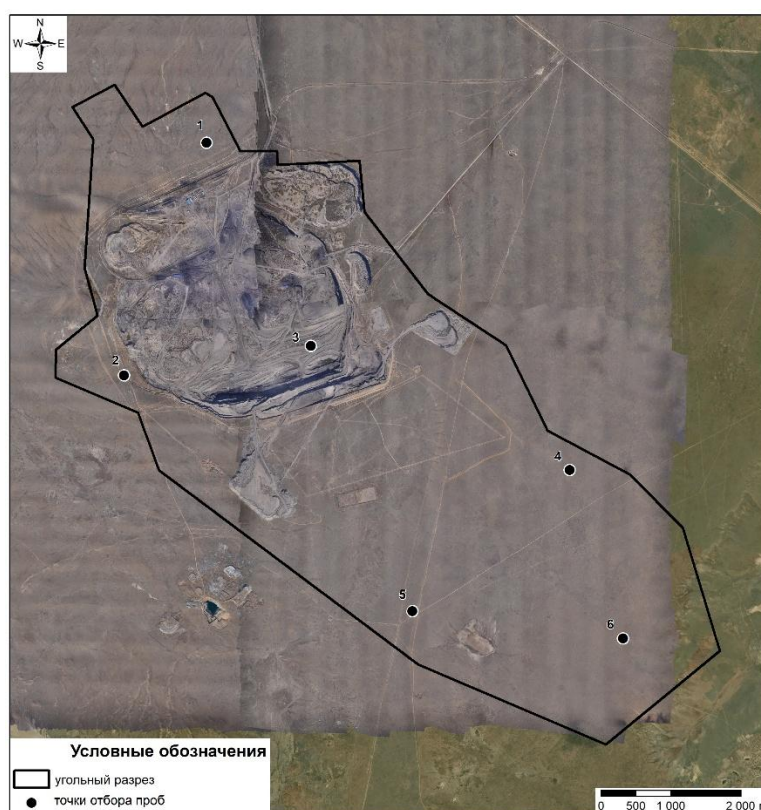


Рисунок 38. Точки отбора проб фекалий копытных животных

Методология отбора проб, подготовки их к анализам, анализ проб выполнялись в соответствии с нормативными документами [37, 40, 50].

Значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ представлены в таблице (Таблица 29).

Таблица 29. 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	$3,2 \pm 0,6$	$<1,0$	23 ± 3	$2,3 \pm 0,7$
2	$0,9 \pm 0,2$	$<0,2$	<4	$2,2 \pm 0,7$
3	$2,1 \pm 0,4$	$<0,6$	<5	$2,2 \pm 0,8$
4	$7,2 \pm 1,5$	$<1,3$	<4	$2,2 \pm 0,8$
5	$1,8 \pm 0,4$	$<0,4$	$<2,0$	$1,5 \pm 0,4$
6	$4,8 \pm 1,0$	$<1,3$	<3	$1,3 \pm 0,6$
Среднее значение	3,3	0,8	6,8	4,1
*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. [55]. 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 (13). 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») [51]. В таблице (Таблица 30) приведены средние значения коэффициентов перехода радионуклидов в баранину, коровье молоко, говядину и конину. Так как отсутствуют данные по коэффициентам переходов в конину, были взяты значения для говядины.

Таблица 30. Коэффициенты перехода радионуклидов в животноводческую продукцию

Вид продукции	K_n из корма на 1 кг (л) продукции			
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am	$^{239+240}\text{Pu}$
Баранина	1,3	$2,1 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-4}$	$4,3 \times 10^{-5}$
Коровье молоко	$2,3 \times 10^{-1}$	$1,3 \times 10^{-1}$	$5,0 \times 10^{-6}$	$6,1 \times 10^{-4}$
Говядина	1,1	$1,3 \times 10^{-1}$	$6,0 \times 10^{-3}$	$6,7 \times 10^{-5}$
Конина	1,3	$1,6 \times 10^{-1}$	$7,2 \times 10^{-3}$	$8,05 \times 10^{-5}$

Ожидаемые значения удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции представлены в таблице (Таблица 31).

Таблица 31. Ожидаемые значения удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции

Радионуклиды	ДУ*, Бк/кг	Удельная активность, Бк/кг
Баранина		
^{241}Am	не нормируется	$1,8 \times 10^{-4}$

Радионуклиды	ДУ*, Бк/кг	Удельная активность, Бк/кг
^{137}Cs	200	1,3
^{90}Sr	50	$2,1 \times 10^{-2}$
$^{239+240}\text{Pu}$	не нормируется	$4,3 \times 10^{-4}$
Говядина		
^{241}Am	не нормируется	$6,0 \times 10^{-3}$
^{137}Cs	200	1,1
^{90}Sr	50	$1,3 \times 10^{-5}$
$^{239+240}\text{Pu}$	не нормируется	$6,7 \times 10^{-5}$
Коровье молоко		
^{241}Am	не нормируется	$5,0 \times 10^{-6}$
^{137}Cs	100	$2,3 \times 10^{-1}$
^{90}Sr	25	$1,3 \times 10^{-1}$
$^{239+240}\text{Pu}$	не нормируется	$6,1 \times 10^{-4}$
Конина		
^{241}Am	не нормируется	$7,2 \times 10^{-3}$
^{137}Cs	200	1,3
^{90}Sr	50	$1,6 \times 10^{-1}$
$^{239+240}\text{Pu}$	не нормируется	$8,0 \times 10^{-5}$
Примечание: ДУ* – допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в животноводческой продукции, установленные в Гигиенических нормативах [38].		

Согласно полученным данным (Таблица 31), максимальные значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs в мясе и молоке составили 1,3 Бк/кг и $2,3 \times 10^{-1}$ Бк/кг, ^{90}Sr – $1,6 \times 10^{-1}$ Бк/кг и $1,3 \times 10^{-1}$ Бк/кг соответственно, что не превышает допустимых уровней, указанных в Гигиенических нормативах для мясомолочной продукции [38]. Максимальные значения удельной активности радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ в мясе и молоке составили $4,3 \times 10^{-4}$ Бк/кг и $6,1 \times 10^{-4}$ Бк/кг соответственно, ^{241}Am – $7,2 \times 10^{-3}$ Бк/кг и $5,0 \times 10^{-6}$ Бк/кг соответственно. Содержание радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ 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 ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в мясомолочной продукции не ожидается.

2.8 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 4315,57 га выявлено 63 объектов техногенного происхождения. Для визуальной оценки всех выявленных объектов составлена обзорная карта (Рисунок 39). 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.

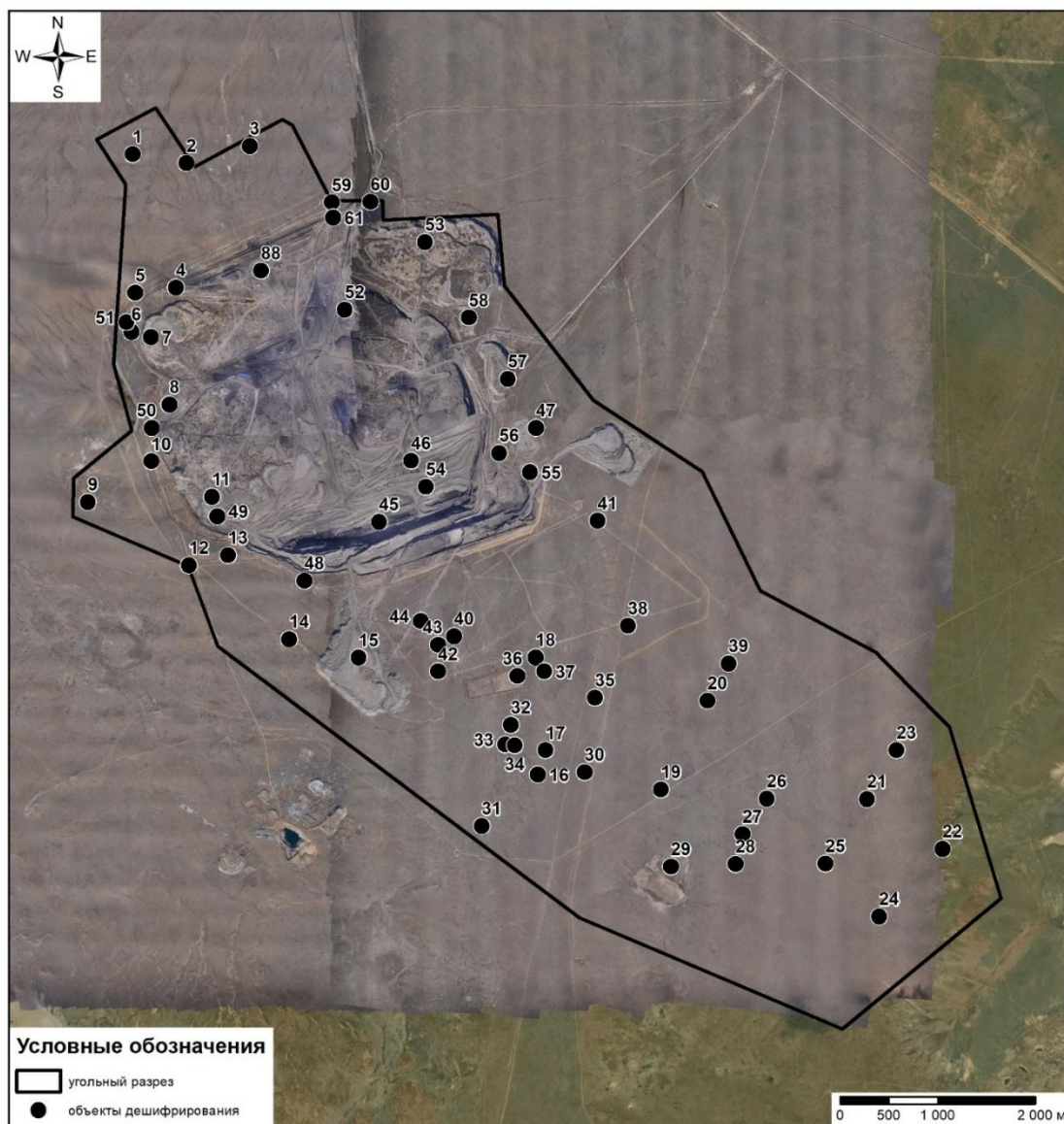


Рисунок 39. Результаты камерального дешифрирования

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 обследовано 63 объекта техногенного происхождения. Согласно гигиеническим нормативам, объект, в случае превышения радиационных параметров на его поверхности, считается радиоактивно-загрязненным [38]. 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 0,10 до 0,21 мкЗв/ч;
- значения плотности потока β -частиц составили <10 част/(мин $\times$ см²).

Для составления схемы расположения всех выявленных объектов на обследуемой территории, выявленные объекты сгруппированы по основным характеристикам, наиболее часто встречающимся на всей исследуемой территории: бетонные сооружения, зимовки, объекты водопользования, развалины, траншеи и ямы. Объекты, которые не подходят ни к одному типу, выносятся как «прочее» (Рисунок 40).

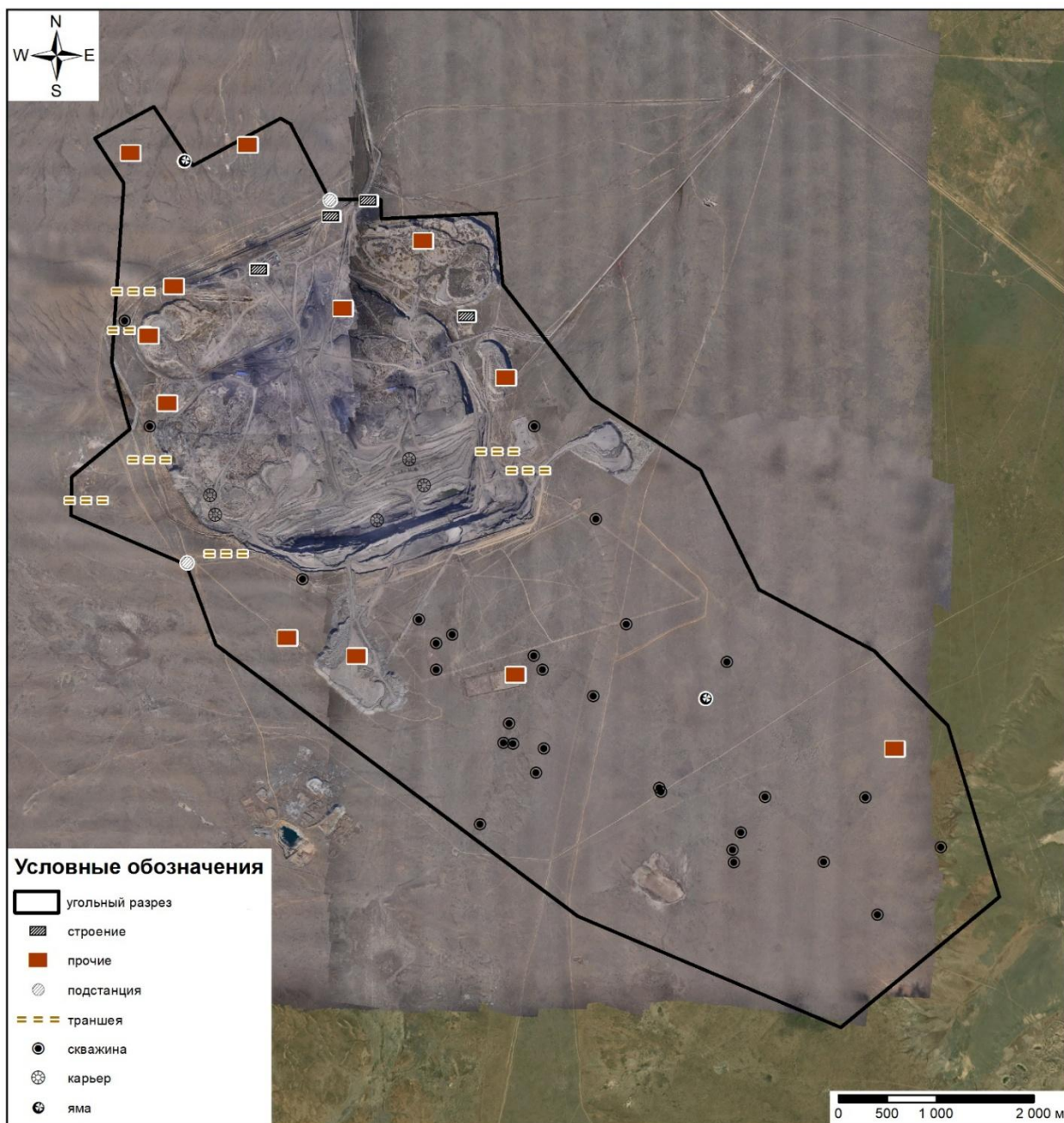


Рисунок 40. Результаты полевого дешифрирования

При выполнении работ по дешифрированию участка площадью 4315,57 га обследовано 63 объекта техногенного происхождения, 1 объект не обнаружен на местности. Большая часть выявленных объектов является гидрогеологическими скважинами, что составляет 48% от общего количества дешифрированных объектов, объекты образованные в ходе проведения работ по добычи каменного угля (карьер, отвалы, ямы, траншеи и изрытости) составляют 22%, различные

строения и административные помещения составляют 10%, прочие объекты – 19%. Таким образом, преобладающими объектами на исследуемой территории являются гидрогеологические скважины.

Каталог объектов дешифрирования и географические координаты обследованных объектов представлены в приложении (Приложение 7).



Рисунок 41. Объект дешифрирования

Выводы по разделу «Поиск радиоактивно-загрязненных техногенных объектов»

В результате дешифрирования объектов техногенного происхождения на участке площадью 4315,57 га, объектов, представляющих радиационную опасность не обнаружено. Максимальные значения МЭД составили 0,21 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:

$$E_{ef} = E_{\gamma} \times E_{inh} \times E_{ing}, \quad (14)$$

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 32). Содержание радионуклидов в поверхностных водоемах обследуемой территории не превышает значения уровней вмешательства и находятся ниже предела обнаружения используемого аппаратурно-методического обеспечения, поэтому при расчете дозы внутреннего облучения радионуклидами от потребления воды данный путь поступления не учитывался (Таблица 12). Годовое потребление продуктов питания приведено в таблице (Таблица 33). Значения площадной активности техногенных радионуклидов, среднегодовой объемной активности радионуклидов в воздухе, содержание радионуклидов в продуктах питания обследуемой территории приведены в приложениях (Приложение 4, Приложение 5, Приложение 6).

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:

$$E_{\gamma} = \sum E_{\gamma i}, \quad (15)$$

$$E_{\gamma i} = P_{\gamma i} \times T, \quad (16)$$

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:

$$P_{\gamma i} = \sum K_{\gamma i, \text{пов}} \times A_{Si}, \quad (17)$$

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 испытания ядерного оружия, Бк/м².

Площадная активность радионуклидов в почве определялась согласно подразделу 2.1.3 (Приложение 4). Значения коэффициентов $K_{\gamma i, \text{пов}}$ для ряда техногенных радионуклидов представлены в таблице (Таблица 32).

Таблица 32. Значения коэффициентов, используемых при проведении оценок дозовых нагрузок

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

Для радионуклидов, не указанных в таблице (Таблица 32), коэффициент $K_{\gamma i, \text{пов}}$ рассчитывалась согласно выражению:

$$K_{\gamma i, \text{пов}} = K_{\gamma, \text{повCs-137}} \times \frac{\Gamma_i}{\Gamma_{\text{Cs-137}}}, \quad (18)$$

где:
 $K_{\gamma, \text{повCs-137}}$ – коэффициент $K_{\gamma i, \text{пов}}$ для радионуклида ¹³⁷Cs (Таблица 32);
 Γ_i – гамма-постоянная i -го радионуклида (справочная информация), для которого рассчитывается коэффициент $K_{\gamma i, \text{пов}}, \text{Зв} \times \text{м}^2 / \text{с} \times \text{Бк}$;
 $\Gamma_{\text{Cs-137}}$ – гамма-постоянная ¹³⁷Cs, равная $2,81 \times 10^{-17} \text{Зв} \times \text{м}^2 / \text{с} \times \text{Бк}$, приведенная в [56].

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 0,004 мЗв/год, а при максимальных значениях – 0,012 мЗв/год. Значения ожидаемой годовой эффективной дозы в каждой точке обследуемой территории приведены в приложении (Приложение 8).

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:

$$E_{inh,i} = \sum q_i \times e_{inh,i}, \quad (19)$$

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 [38].

Величина годового поступления рассчитывалась согласно выражению:

$$q_i = A_{vi} \times V, \quad (20)$$

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 [38].

Согласно результатам проведенного расчета, годовая ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения от ингаляционного поступления при средних значениях техногенных радионуклидов на исследуемой территории составила $2,8 \times 10^{-4}$ мЗв/год, при максимальных значениях техногенных радионуклидов составила $6,8 \times 10^{-4}$ мЗв/год. Основным дозообразующим радионуклидом является ²³⁹⁺²⁴⁰Pu. Значения ожидаемой годовой эффективной дозы в каждой точке обследуемой территории приведены в приложении (Приложение 8).

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:

$$E_{ing,i} = \sum q_{ing,i} \times e_{ing,i}, \quad (21)$$

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 [38].

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

$$q_{ing,i} = A_{mi} \times V_p, \quad (22)$$

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 33) приведены усредненные по Республике Казахстан данные по пищевому рациону населения [57].

Таблица 33. 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 средних значениях радионуклидов на обследуемой территории составила 0,02 мЗв/год, при максимальных значениях – 0,05 мЗв/год. Основной вклад в дозу внутреннего облучения от перорального поступления вносит доза от потребления фруктов и овощей, где основным дозообразующим радионуклидом является ^{90}Sr . Значения ожидаемой годовой эффективной дозы в каждой точке обследуемой территории приведены в приложении (Приложение 8).

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

Суммарная ожидаемая среднегодовая эффективная доза при проживании и ведение деятельности на исследуемой территории составила 0,02 мЗв/год.

Суммарная ожидаемая годовая эффективная доза в точках с максимальными концентрациями радионуклидов составила до 0,06 мЗв/год.

На основании расчетов построены карты суммарной годовой эффективной дозы облучения на человека (Рисунок 42).

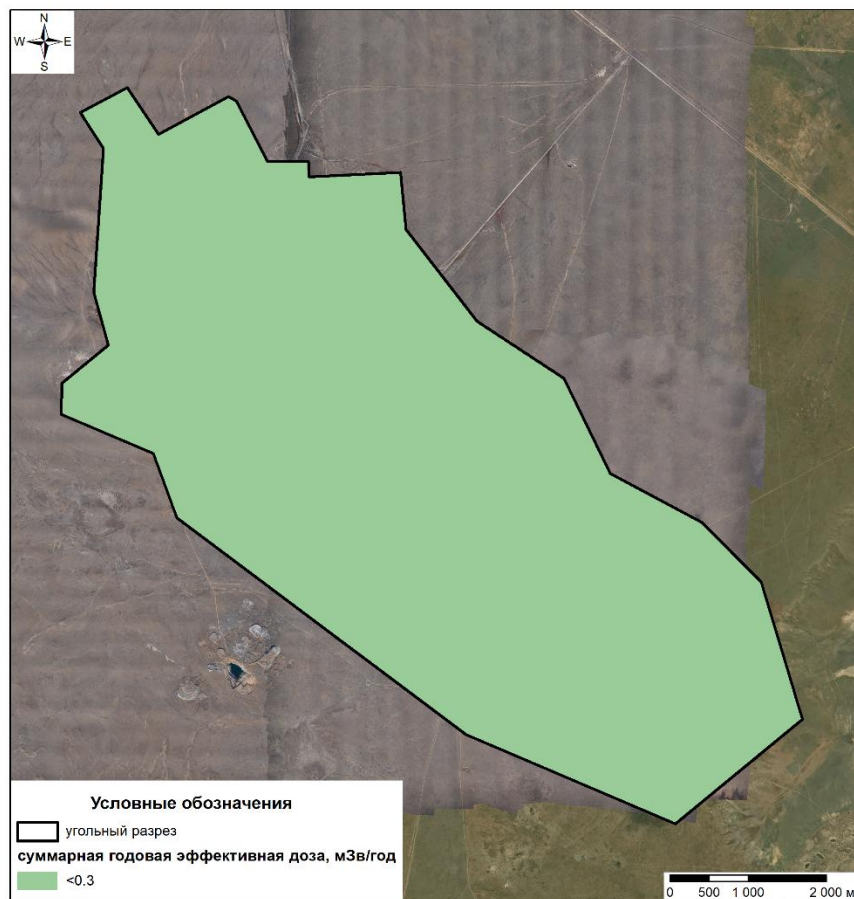


Рисунок 42. Суммарная годовая эффективная доза облучения на обследуемой территории

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 значениях техногенных радионуклидов в почве не превышает уровень вмешательства 0,3 мЗв и составляет 0,02 мЗв/год. Ожидаемая годовая эффективная доза на человека в точках с максимальным содержанием техногенных радионуклидов в почве составляет 0,06 мЗв/год, что не превышает основного предела доз на население – 1 мЗв [38]. Основной вклад в дозу на обследуемой территории вносит доза внутреннего облучения от перорального поступления техногенных радионуклидов с продуктами питания ~83%.

4. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

В разделе описана прогнозная оценка состояния радиационной обстановки на территории участка «Угольный разрез», 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:

$$A(t) = A_{\text{текущее}} \times k, \quad (23)$$

где:

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

k – коэффициент, учитывающий уменьшение активности с течением времени (Таблица 34).

Таблица 34. Значения поправочного коэффициента k

Время, год	Радионуклид			
	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{239+240}\text{Pu}$	^{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

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

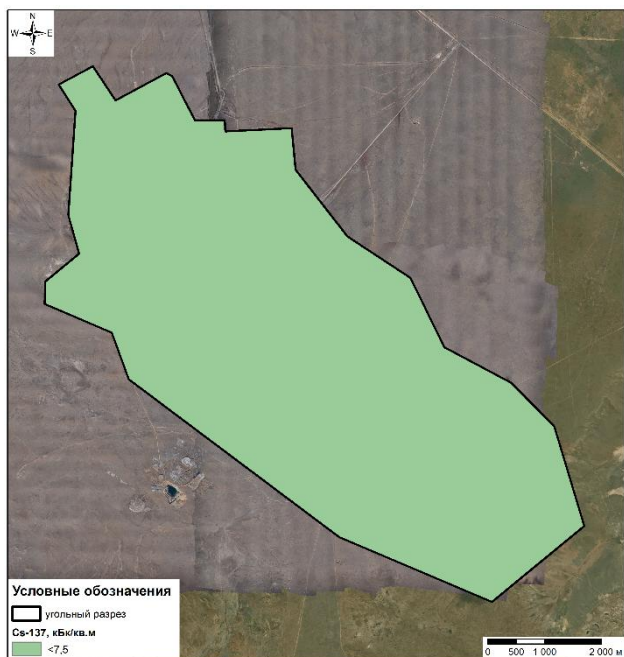
Расчет содержания радионуклидов в почве на моменты времени 10 лет, 50 лет и 100 лет проводился по формуле (23).

Максимальные значения площадной активности радионуклидов представлены в таблицах (Таблица 35).

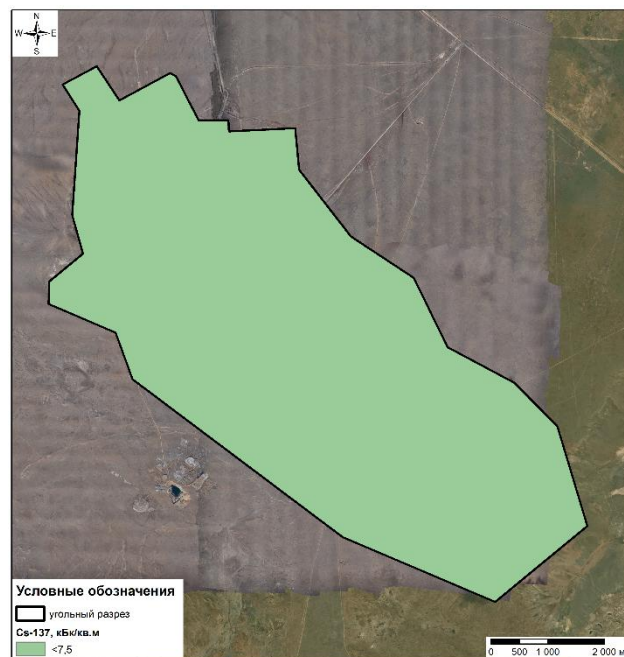
Таблица 35. Максимальные значения площадной активности радионуклидов

Время, год	Площадная активность, кБк/м ²			
	^{137}Cs	^{241}Am	$^{239+240}\text{Pu}$	^{90}Sr
10	1,049	0,271	1,999	0,365
50	0,425	0,254	1,979	0,139
100	0,133	0,235	1,939	0,042

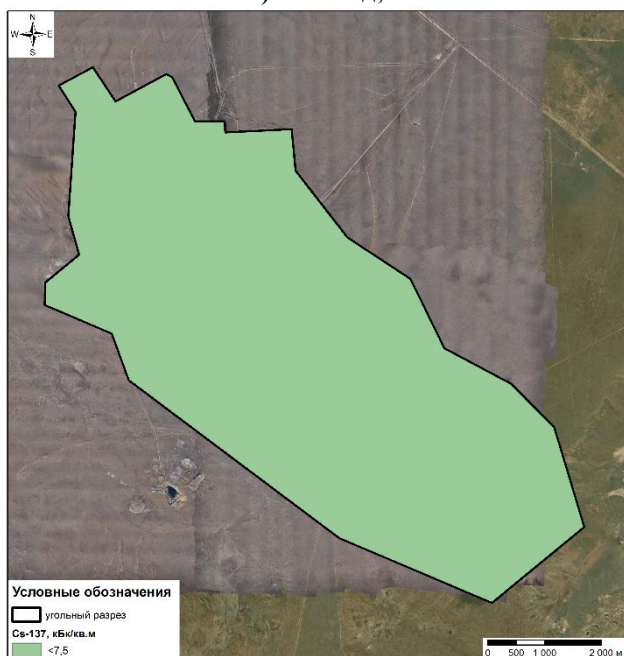
Согласно полученным результатам, построены карты распределения площадной активности радионуклидов в почвенном покрове через 10, 50 и 100 лет (Рисунок 43 – Рисунок 46).



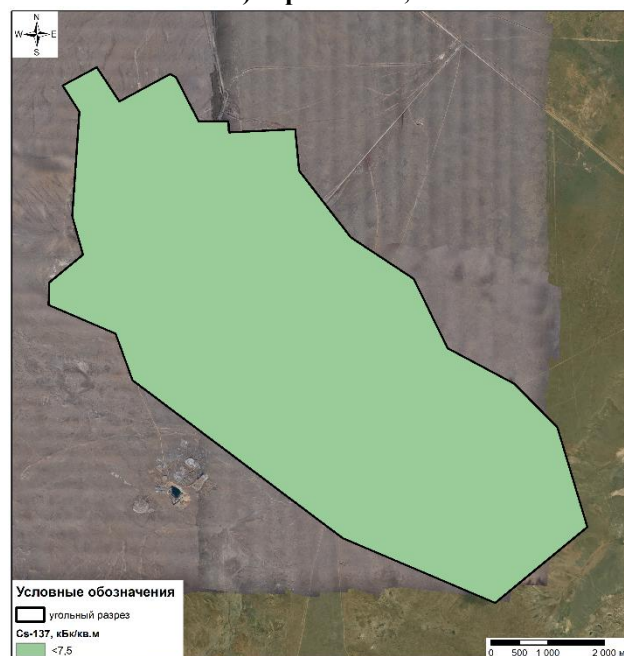
а) 2026 год;



б) через 10 лет;

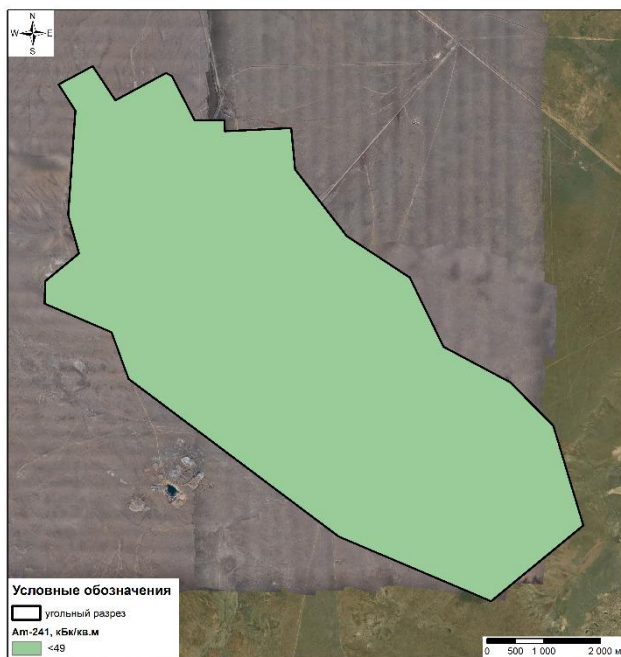


в) через 50 лет;

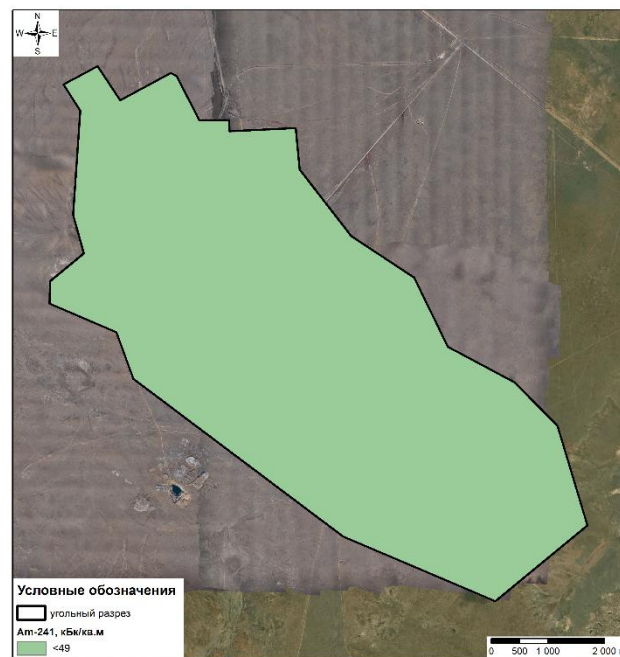


г) через 100 лет.

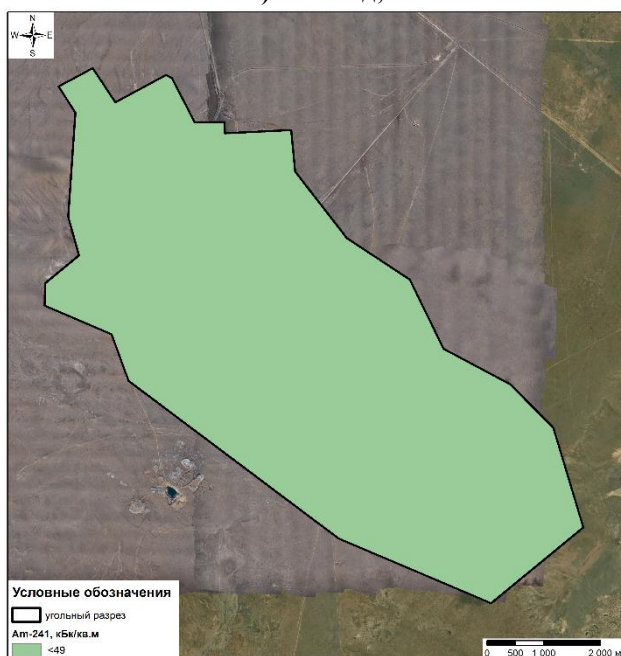
Рисунок 43. Распределение площадной активности ^{137}Cs в почве



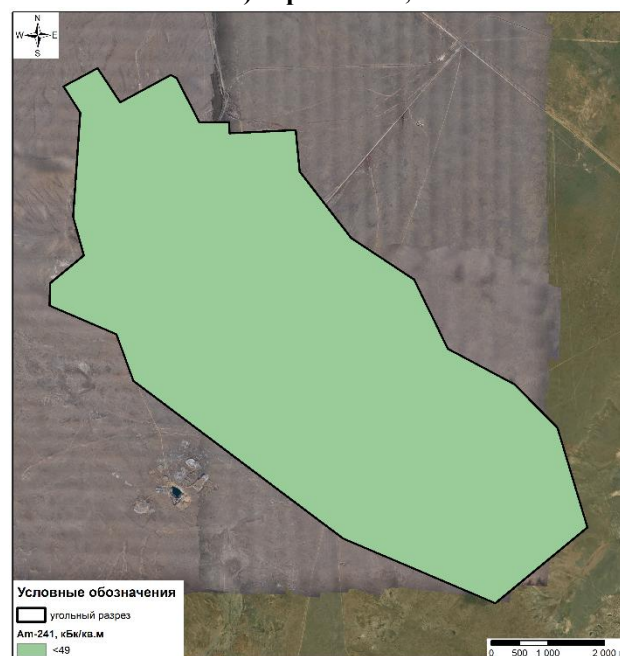
а) 2026 год;



б) через 10 лет;

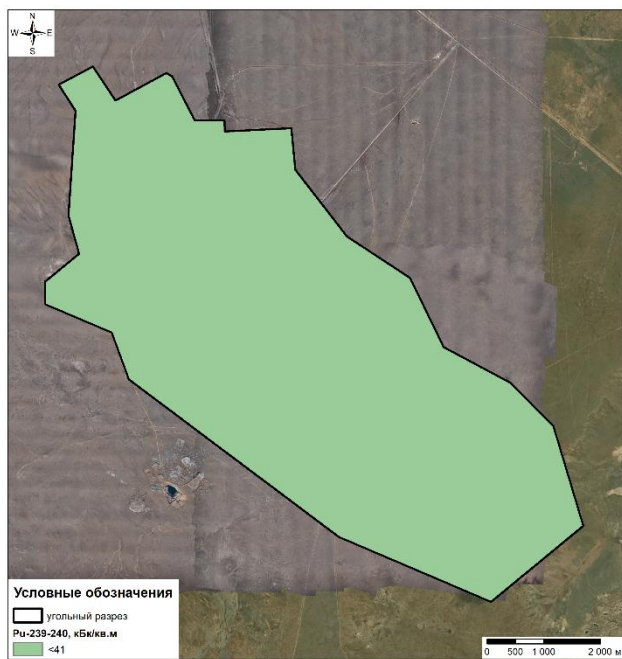


в) через 50 лет;

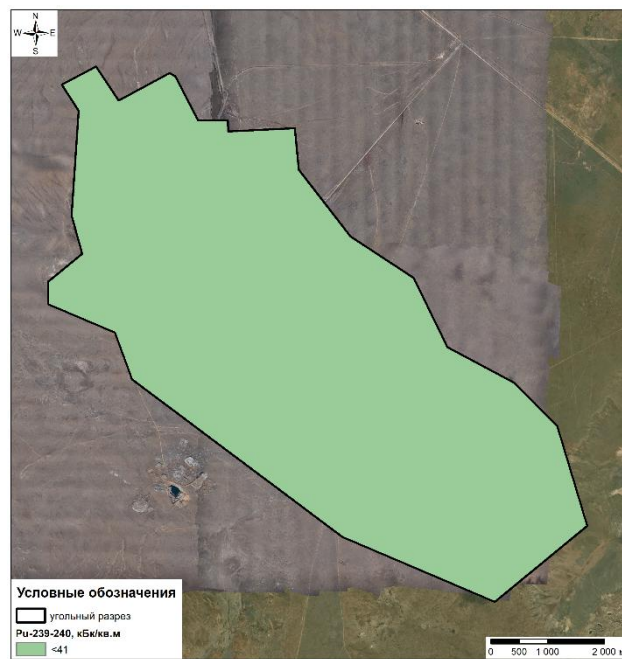


г) через 100 лет.

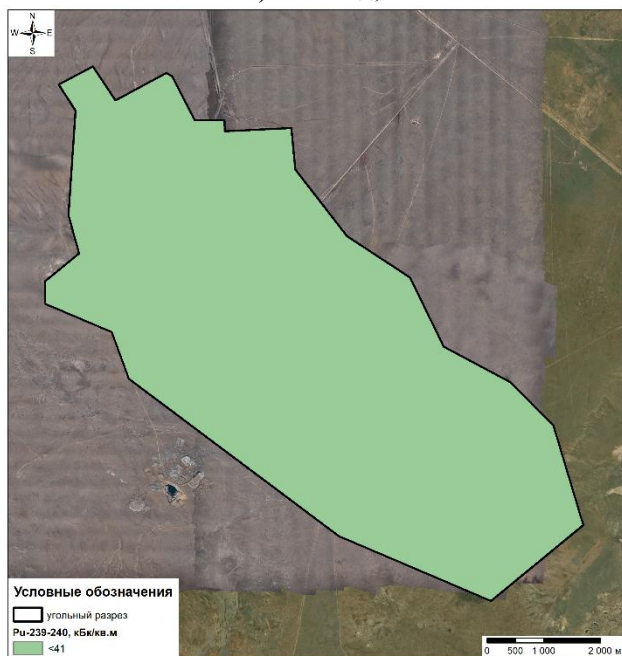
Рисунок 44. Распределение площадной активности ^{241}Am в почве



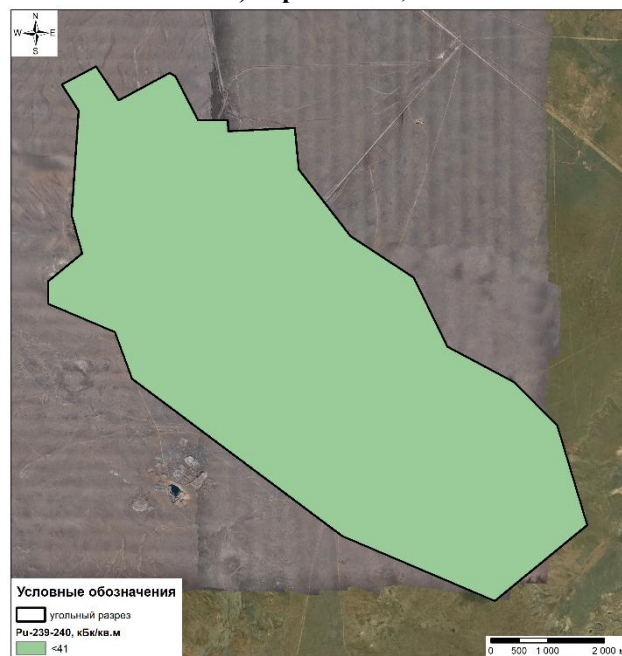
а) 2026 год;



б) через 10 лет;



в) через 50 лет;



г) через 100 лет.

Рисунок 45. Распределение площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$ в почве

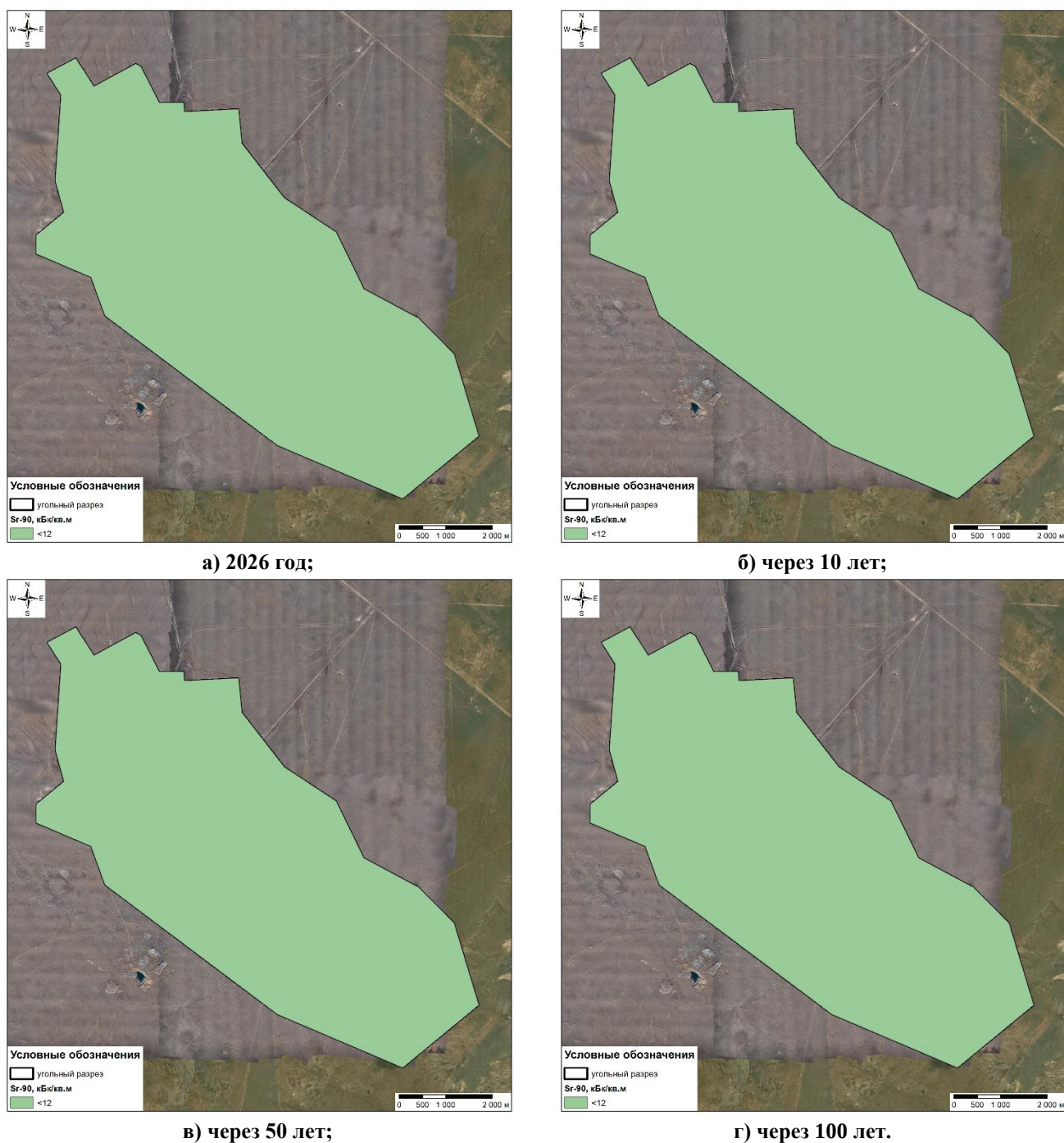


Рисунок 46. Распределение площадной активности ^{90}Sr в почве

Согласно полученным данным (Рисунок 43 – Рисунок 46), активность радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ 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 «Угольный разрез», 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 [41].

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 36. Значения коэффициента, учитывающего уменьшение активности с течением времени

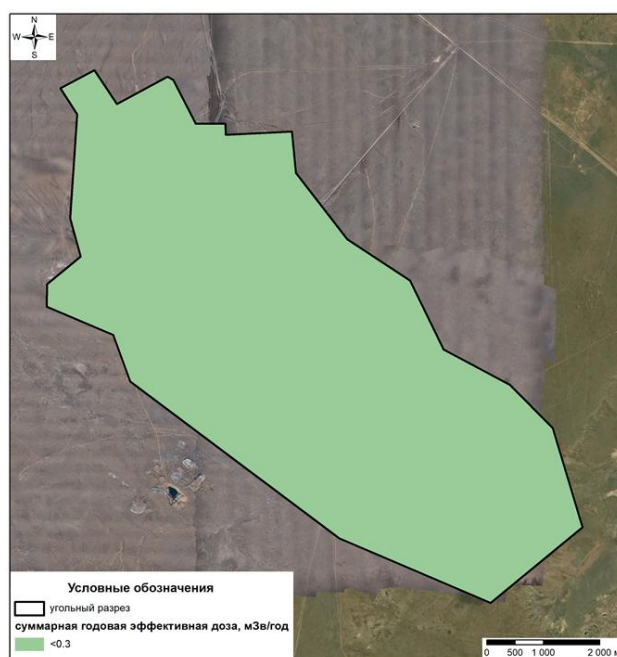
Время, год	Радионуклид			
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
10	0,79	0,79	1,00	0,98
50	0,30	0,32	0,99	0,92
100	0,09	0,10	0,97	0,85

Прогноз изменения ожидаемой годовой эффективной дозы на обследуемой территории при средних и максимальных значениях содержания радионуклидов в почве приведен в таблице (Таблица 37).

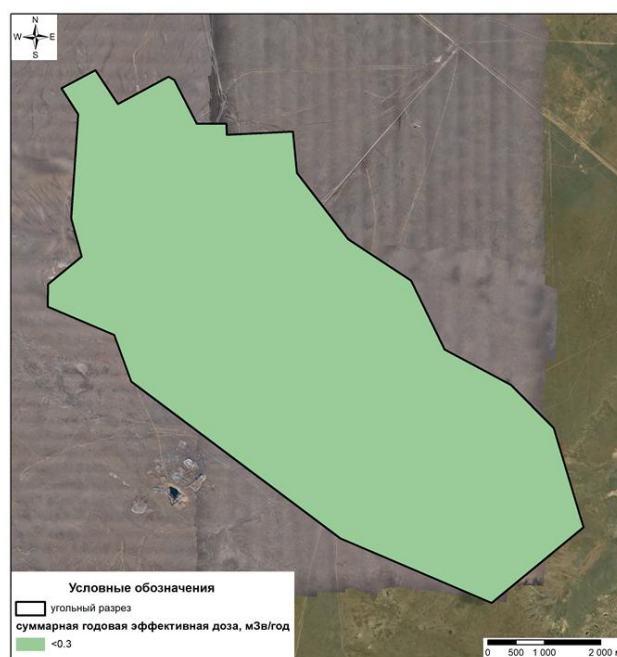
Таблица 37. Прогноз изменения ожидаемой годовой эффективной дозы на обследуемой территории

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

Согласно полученным результатам построены карты суммарной годовой эффективной дозы облучения через 10-100 лет (Рисунок 47).



а) 2026 год



б) через 10-100 лет

Рисунок 47. 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 ^{90}Sr .

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСПЫТАНИЙ

По результатам комплексного экологического обследования земельного угольный разрез, общей площадью 4315,57 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 42).

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 угольный разрез, общей площадью 4315,57 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 42).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках экологического обследования проведена оценка радиационного состояния окружающей среды в пределах обследуемого участка «Угольный разрез», общей площадью 4315,57 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 угольный разрез, общей площадью 4315,57 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 [38]. 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 ЗРК «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, 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-XIX (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 Dujsebayaeva T., Chirikova M., Korneychuk V., Khromov V. 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. – С.117-123.
- 12 Хромов В.А., Даутбаев Р.Д. К орнитофауне Семипалатинской области: в сб. Абай даристері гылым практикалык 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 Kazakhstan: 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: Гылым, 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: Гылым, 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.-практ. 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-II (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-II (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 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).

39 Гусев Н.Г., Рубцов П.М., Коваленко В. В. [и др.] Радиационные характеристики продуктов деления: Справочник. – М.: Атомиздат, 1974. – 223 с.

40 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.

41 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).

42 СТ РК ИСО 18283-2008 «Уголь каменный и кокс. Ручной отбор проб».

43 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.

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

45 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).

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

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

48 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.

49 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.

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

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

52 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).

53 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

54 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.

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

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

57 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).