



«УТВЕРЖДАЮ»

И. о. генерального директора
РГП НЯЦ РК

В.А. Витюк

« 26 »

июля

2024 г.

МАТЕРИАЛЫ
комплексного экологического обследования,
обосновывающие установление границ и
площадей земельных участков
Семипалатинской зоны ядерной
безопасности

Директор филиала ИРБЭ
РГП НЯЦ РК

А.О. Айдарханов

Заместитель директора

Е.В. Мустафина

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	6
1.1 АДМИНИСТРАТИВНО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	6
1.2 ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	8
1.3 ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ПРИРОДНАЯ ЦЕННОСТЬ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	8
1.3.1 Характеристика климатических условий воздушной среды	8
1.3.2 Характеристика водных ресурсов	10
1.3.3 Земельные ресурсы и почвы	13
1.3.4 Геологическая среда и недра	16
1.3.5 Растительный мир (флора)	22
1.3.6 Животный мир (фауна).....	31
1.5 СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СРЕДА.....	32
1.6 ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ	33
1.7 НАЛИЧИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	33
2. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК.....	34
2.1 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА	34
2.1.1 Определение удельной активности радионуклидов	34
2.1.2 Определение удельной активности радионуклидов по глубине почвенного профиля	47
2.1.3 Определение площадной активности радионуклидов	51
2.2 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД	58
2.2.1 Определение удельной активности радионуклидов в поверхностных водах	59
2.2.2 Определение удельной активности радионуклидов в подземных водах	61
2.3 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	68
2.3.1 Определение разовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе.	68
2.3.2 Определение среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе расчетным методом	70
2.4 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА.....	76
2.4.1. Определение коэффициентов накопления K_n радионуклидов в растениях	77
2.4.2. Определение удельной активности радионуклидов в растениях на обследуемом земельном участке	80
2.5 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖИВОТНОГО МИРА	82
2.5.1 Экспериментальное определение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в мышечных тканях (в мясе) диких животных	82
2.5.2 Определение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в мышечных тканях (в мясе) диких животных расчетным методом.....	84
2.6 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, ПРОИЗВОДИМОЙ В РАЙОНЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ	87
2.6.1 Радиационное состояние растениеводческой продукции, которая может быть произведена в районе обследования	87
2.6.2 Радиационное состояние животноводческой продукции, которая может быть произведена в районе обследования	90
2.7 ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПЛОЩАДКИ ПОЛИГОНА	94
2.8 ПОИСК РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	96
3. РАСЧЕТ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ	108
3.1 ДОЗА ВНЕШНЕГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ОТ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ	108
3.2 ДОЗА ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ПОСТУПЛЕНИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ	110

3.3 ДОЗА ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ПЕРОРАЛЬНОГО ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ	110
3.4 ГОДОВАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА НАСЕЛЕНИЯ ОТ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПЫТАНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ	113
4. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ	115
4.1 ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА	115
4.2 ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ В РАЙОНЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ	120
5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСПЫТАНИЙ	123
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ, И ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, НЕ ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ	125
6.1 УЧАСТКИ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ	125
6.2 УЧАСТКИ, НЕ ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ	128
7. ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА ТЕРРИТОРИИ СЗЯБ	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	131
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	132
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ ПОВОРОТНЫХ ТОЧЕК СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	139
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ГЕОБОТАНИЧЕСКИЕ КОНТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	145
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ	154
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs , ^{241}Am В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ С УЧЕТОМ ПЕРЕСЧЕТА НА 01.01.2024 г.	172
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ОТНОШЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ^{90}Sr к ^{137}Cs	491
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. РАСЧЕТНАЯ УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ^{90}Sr В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ НА 01.01.2024 г.	530
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. ОТНОШЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ $^{239+240}\text{Pu}$ к ^{241}Am	883
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. РАСЧЕТНАЯ УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ $^{239+240}\text{Pu}$ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ НА 01.01.2024 г.	921
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ ПО ГЛУБИНЕ ПРОФИЛЯ	1274
ПРИЛОЖЕНИЕ 10. ЗНАЧЕНИЯ ПЛОЩАДНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ	1308
ПРИЛОЖЕНИЕ 11. ТОЧКИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПОЧВЫ	1654
ПРИЛОЖЕНИЕ 12. УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ	1656
ПРИЛОЖЕНИЕ 13. УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ИЗ КОЛОДЦЕВ И СКВАЖИН	1660
ПРИЛОЖЕНИЕ 14. УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ПРОБУРЕННЫХ СКВАЖИН	1662

ПРИЛОЖЕНИЕ 15. РАЗОВАЯ ОБЪЕМНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОЗДУХЕ.....	1666
ПРИЛОЖЕНИЕ 16. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОБОГАЩЕНИЯ K_{fi} ДЛЯ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$	1670
ПРИЛОЖЕНИЕ 17. РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОЗДУХЕ.....	1692
ПРИЛОЖЕНИЕ 18. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ НАКОПЛЕНИЯ K_{ni} ДЛЯ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ В РАСТЕНИЯХ.....	2097
ПРИЛОЖЕНИЕ 19. РАСЧЕТНАЯ УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В РАСТЕНИЯХ.....	2109
ПРИЛОЖЕНИЕ 20. УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ФЕКАЛИЯХ ЖИВОТНЫХ	2455
ПРИЛОЖЕНИЕ 21. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ $K_{n,0-20}$ ДЛЯ РАСЧЕТА РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ.....	2458
ПРИЛОЖЕНИЕ 22. РАСЧЕТНАЯ УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ.....	2471
ПРИЛОЖЕНИЕ 23. РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАСПОРТА ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА.....	2990
ПРИЛОЖЕНИЕ 24. КАТАЛОГ ОБЪЕКТОВ ДЕШИФРИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА.....	3194
ПРИЛОЖЕНИЕ 25. ЗНАЧЕНИЯ ОЖИДАЕМОЙ ГОДОВОЙ ЭФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ.....	4146
ПРИЛОЖЕНИЕ 26. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ ПОВОРОТНЫХ ТОЧЕК СЕМИПАЛАТИНСКОЙ ЗОНЫ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	4492
ПРИЛОЖЕНИЕ 27. ЗЕМЛЕОТВОДЫ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОЙ ЗОНЫ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	4494

ВВЕДЕНИЕ

Материалы комплексного экологического обследования, обосновывающие установление границ и площадей земельных участков Семипалатинской зоны ядерной безопасности (СЗЯБ), подготовлены в соответствии с Законом Республики Казахстан (РК) «О Семипалатинской зоне ядерной безопасности» от 05.07.2023 г. № 16-VIII ЗРК [1].

В основу материалов легли работы по комплексному экологическому обследованию территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) за период 2008-2021 гг.

Целью данной работы является обоснование границ и площадей земельных участков СЗЯБ.

СЗЯБ образуется на землях бывшего СИП, подвергшихся сверхнормативному радиоактивному загрязнению, а также на территориях, которые могут подвергнуться сверхнормативному радиоактивному загрязнению в результате миграции техногенных радионуклидов, определенных по результатам комплексного экологического обследования и государственной экологической экспертизы, в целях обеспечения ядерной и радиационной безопасности в РК.

В настоящих материалах представлены данные о текущем радиоэкологическом состоянии 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

Семипалатинский испытательный полигон (СИП) располагается на стыке трех областей Республики Казахстан. Площадь полигона равна 18 311,4 км², из них, область Абай (бывшая Восточно-Казахстанская область) занимает 54% (9782,5 км²) от общей площади полигона, Павлодарская – 39% (7213,9 км²) и Карагандинская – 7% (1315 км²) (Рисунок 1).

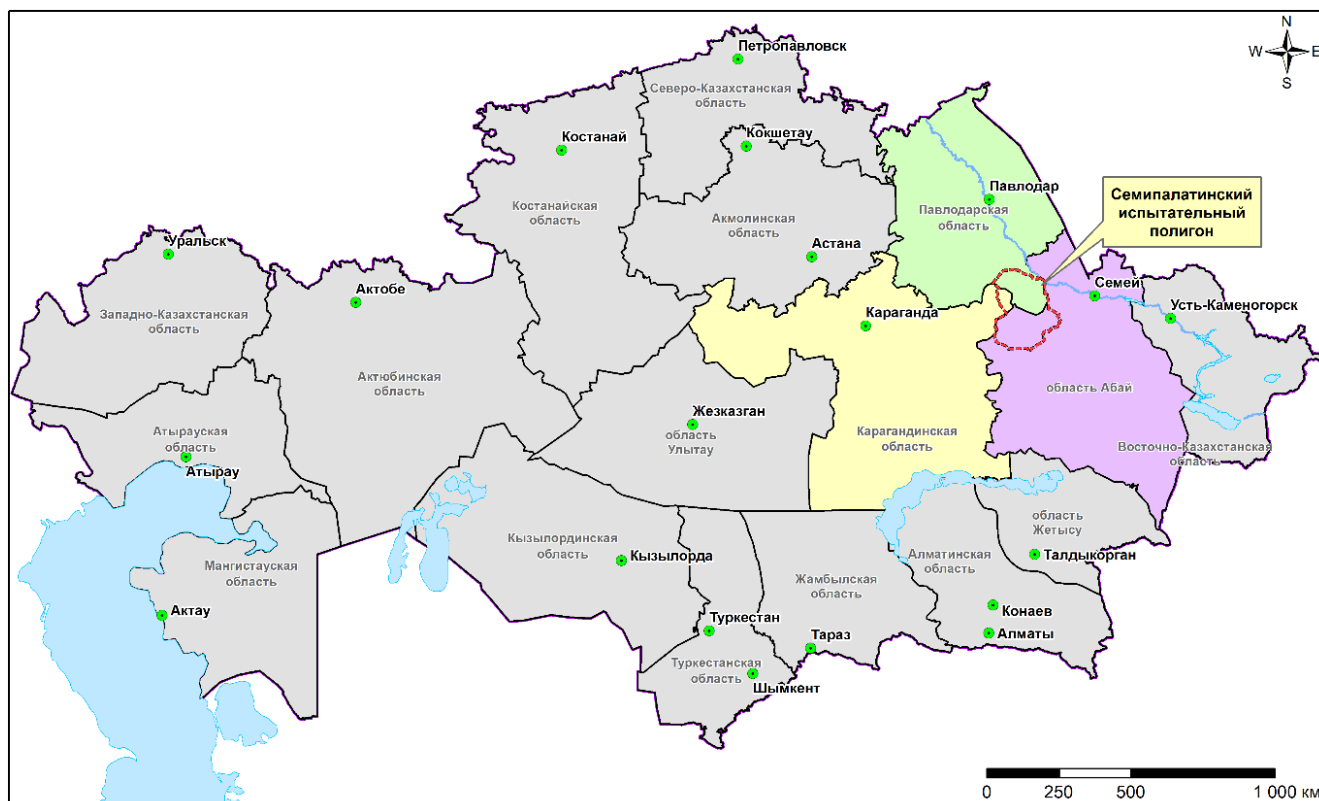


Рисунок 1. Схема расположения СИП на административной карте Республики Казахстан

Граница СИП (Рисунок 2) установлена согласно результатам работ, выполненных в 2004 г. Агентством Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами и Республиканским Государственным Казенным Предприятием «Востокгеодезия» [3] (Рисунок 2).

На территории области Абай в пределах СИП расположены испытательные площадки:

- «Сары-Узень» (325 км²), где в период с 1965 по 1980 гг. проводились подземные ядерные взрывы в вертикальных выработках – скважинах [4];
- «Актан-Берли» (34 км²), где в период с 1958 по 1989 гг. проводились гидроядерные эксперименты различных типов в скважинах глубиной от 5 до 30 м [4];
- «Дегелен» (240 км²), где в период с 1961 по 1989 гг. проводились подземные ядерные взрывы в горизонтальных горных выработках – штольнях [4];
- «Телькем» (42 км²), где в период с 21.10.1968 по 12.11.1968 гг. проводились подземные ядерные взрывы в мирных целях с выбросом грунта [4];
- «Балапан» (771,5 км², из них 10,5 км² выходит за границу полигона, 761 км² – в пределах СИП), где в период с 1965 по 1989 гг. проводились подземные ядерные взрывы в вертикальных выработках – скважинах [4].

На территории Павлодарской области в пределах СИП расположены испытательные площадки:

- «Опытное поле» (270 км²), где в период с 1949 по 1962 гг. проводились наземные и воздушные испытания ядерного оружия [4];
- «4а» (40 км²), где в период с 1953 по 1957 гг. проводились испытания боевых радиоактивных веществ [4].

На территории Карагандинской области в пределах СИП находится испытательная площадка «4» (24 км²), где в период с 1953 по 1957 гг. проводились испытания боевых радиоактивных веществ [4].

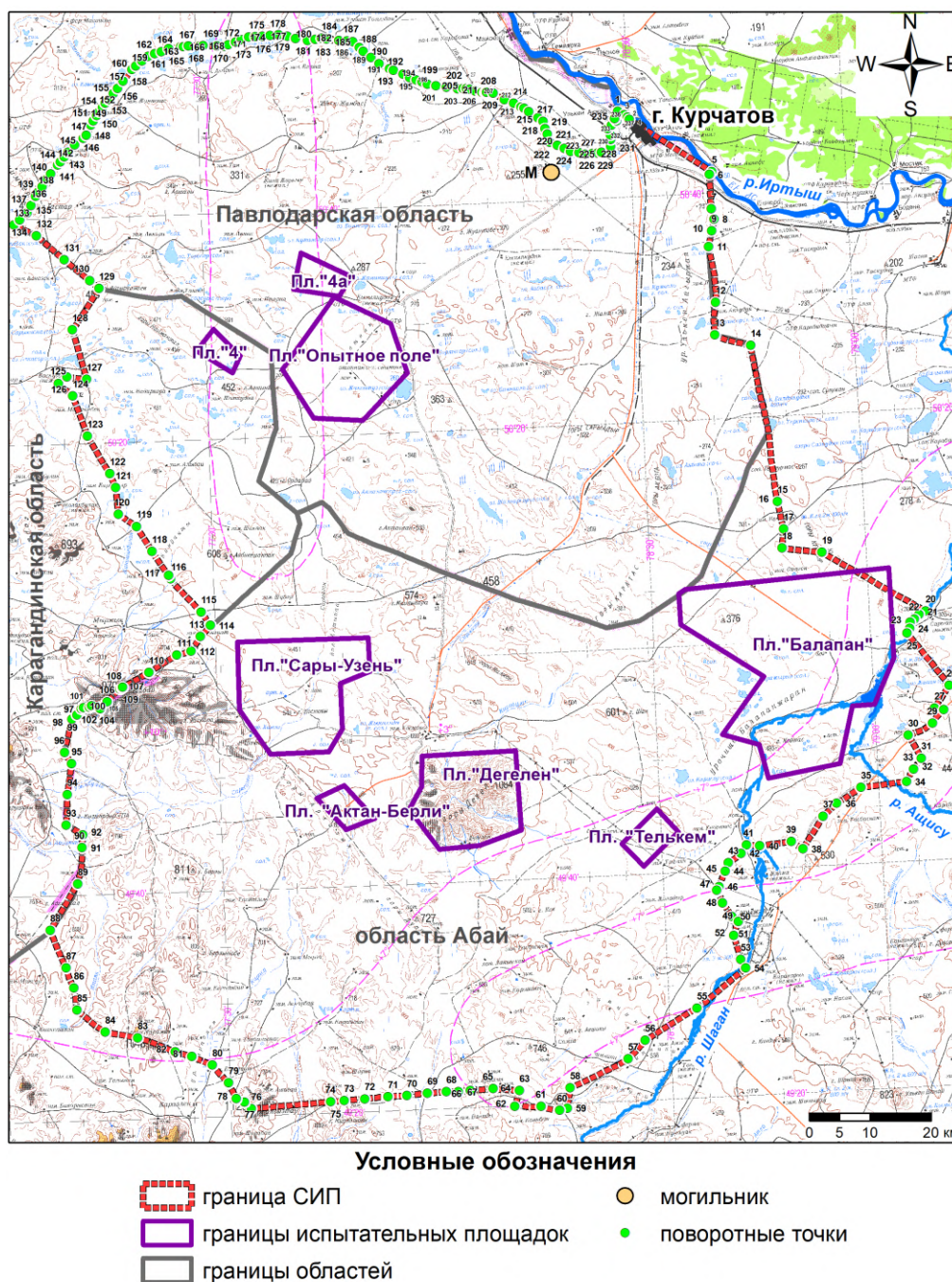


Рисунок 2. Схема расположения СИП с указанием поворотных точек

Географические координаты поворотных точек СИП представлены в приложении (Приложение 1).

1.2 ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

СИП находится в восточной части Казахского мелкосопочника и представляет собой холмистую местность [5].

Участок, расположенный на территории области Абай в пределах СИП, представляет собой открытую местность, северная часть которой является холмисто-грядовой и к югу переходит в мелкосопочник. Абсолютные высоты от 294 до 1126 м. Относительная высота холмов и гряд от 20 до 500 м. Гребни гряд широкие, вершины округлые, склоны пологие, местами изрезанные долинами рек. Понижения и впадины, расположенные между холмами заняты солончаками и озерами. Центральная часть данного участка представлена средневысотными горами (с абсолютной отметкой 1126 м – горный массив Дегелен), изрезанными небольшими пересыхающими реками. С восточной стороны простираются долины рек Шаган и Ащису [6].

Северная часть полигона, расположенная на территории Павлодарской области в пределах СИП, представляет собой плоскоравнинную местность с относительными высотами от 40 до 80 м, остальная часть участка – холмисто-грядовая, переходящая в мелкосопочник. Относительная высота холмов и гряд от 30 до 60 м. Гребни гряд широкие, вершины округлые, склоны пологие и расчленены узкими долинами. Понижения между холмами заняты солончаками или озерами [6].

Участок, расположенный на территории Карагандинской области в пределах СИП, представляет собой холмисто-грядовую возвышенность, переходящую в низкие горы с максимальной абсолютной высотной отметкой 471 м (горы Найманжал). С южной стороны данного участка располагается гора Айбикешакпак (608 м) [6]. Особенностью рельефа является наличие холмистых массивов, разделенных широкими мелкосопочными понижениями или обширными пологоволнистыми равнинами, среди которых в виде островов располагаются отдельные холмы, также в понижениях встречаются озера и солончаки. Преобладающие абсолютные отметки поверхности 380–400 м, максимальная отметка – 608 м, минимальная – 303 м.

1.3 ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ПРИРОДНАЯ ЦЕННОСТЬ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

1.3.1 Характеристика климатических условий воздушной среды

Для составления климатической характеристики района обследования использованы средние значения основных метеорологических параметров ближайших населенных пунктов: п. Семиярка (область Абай), п. Коктебе (Павлодарская область) и п. Актогай (Карагандинская область). Метеорологические данные предоставлены Республиканским Государственным Предприятием «Казгидромет» за период с 1988 по 2020 гг., по результатам многолетних мониторинговых наблюдений на метеорологических станциях этих населенных пунктов.

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

Основные климатические характеристики метеорологических станций Семиярка, Коктебе и Актогай представлены в таблице (Таблица 1).

Таблица 1. Основные климатические характеристики ближайших к СИП метеорологических станций

№ п/п	Параметры	Семиярка	Коктебе	Актогай
1	Среднегодовое количество осадков	214 мм	297,1 мм	138,2 мм
2	Максимальное количество осадков в сутки	58,5 мм	52,1 мм	45,9 мм
3	Среднее количество дней с дождем в году	88 дней в году	92 дней в году	34 дней в году

№ п/п	Параметры	Семярка	Коктобе	Актогай
4	Среднегодовая высота снежного покрова	54 см	10 см	24 см
5	Период снегопада	октябрь – апрель	октябрь – апрель	октябрь – апрель
6	Среднегодовое количество дней с твердыми осадками	66 дней	72 дня	31 день
7	Среднегодовое количество дней с жидкими осадками	132 дней	92 дня	34 дня
8	Средняя относительная влажность воздуха	64%	66%	63%
9	Среднее количество ясных дней	28 дней	50 дней	89 дней
10	Преобладающее направление ветра	юго-восточное	западное	западное
11	Абсолютная максимальная скорость ветра	40 м/с	14 м/с	16 м/с
12	Абсолютная максимальная температура воздуха	42,0°C	40,8°C	41,2°C
13	Максимальная среднесуточная температура воздуха	32,0°C	27,2°C	26,4°C
14	Среднегодовая температура воздуха	4,3°C	3,7°C	1,8°C
15	Минимальная среднесуточная температура воздуха	-42,9°C	-40,5°C	-41,8°C
16	Абсолютная минимальная температура воздуха	-45,6°C	-44,5°C	-44,6°C

Распределение годового количества осадков неравномерно. 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 Семярка, Коктобе и Актогай представлены в таблицах (Таблица 2 – Таблица 4).

Таблица 2. Средняя многолетняя месячная температура воздуха и количество осадков на метеорологической станции Семярка

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура, °C	-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

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

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура, °C	-17,9	-16,3	-5,6	7,9	13,9	20,3	21,2	19,7	13,0	4,9	-5,4	-12,7	3,7
Осадки, мм	13,2	11,3	22,6	16,1	21,5	35,7	52,1	31,0	19,3	23,0	26,0	25,3	297,1

Таблица 4. Средняя многолетняя месячная температура воздуха и количество осадков на метеорологической станции Актогай

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура, °C	-18,5	-17,9	-7,1	5,7	11,8	17,3	19,3	18,1	11,3	3,1	-8,1	-15,1	1,8
Осадки, мм	8,6	4,3	8,6	11,6	13,4	16,2	27,3	14,9	8,0	7,8	8,4	9,4	138,2

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. Преимущественное направление ветра (роза ветров) на метеорологических станциях Коктобе и Актогай представлено на рисунке (Рисунок 3).

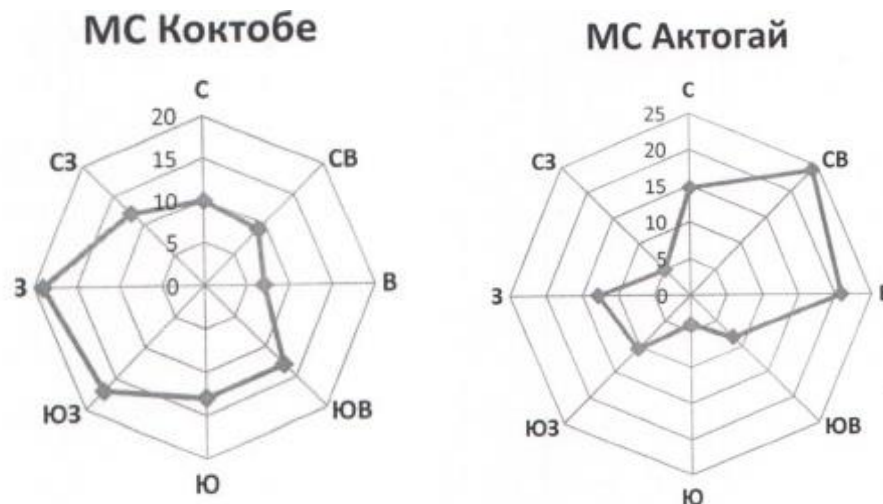


Рисунок 3. Роза ветров на метеорологических станциях Коктобе и Актогай

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 послужили топографические карты М-43-ХVIII, М-43-XXIV, М-44-ХIX, М-44-XX, масштаба 1:500000.

В целом, территория СИП относится к зоне недостаточного увлажнения с относительно малым количеством атмосферных осадков и совершенно бедной поверхностными водами. Гидрографическая сеть представлена небольшим количеством рек, озер и небольших безымянных ручьев, имеющих временные водотоки, связанные с весенними паводками и периодами обильного выпадения дождей.

Всего, на территории СИП идентифицировано 219 поверхностных водных объекта, из них 170 – соленые и горько-соленые озера, 2 – реки, 47 – ручьи (Рисунок 4).

В пределах СИП протекает река Шаган с притоком рекой Ащису. Протяженность реки Шаган на территории СИП составляет около 60 км. Извилистость реки – умеренная. Коэффициент извилистости (отношение длины водотока к прямой, соединяющей ее исток и устье) составляет 1,3. Круглогодичный сток воды в реку Шаган наблюдается преимущественно в горной части в верхнем и среднем течении. Сравнительно бурно сток происходит в весенний период [7, 8, 9, 10].

Ручьи имеют временные водотоки, связанные с весенними паводками и периодами обильного выпадения дождей. Руслу ручьев имеют небольшую протяженность до 16 км. Извилистость ручьев – умеренная. Коэффициент извилистости для них составляет от 1,0 до 1,5. В период летней межени происходит полное прекращение их поверхностного стока [7, 10, 11, 12].

Озера представляют собой мелкие блюдцеобразные котловины с невысокими берегами, заполненные горько-соленой водой. Берега и днища их покрыты вязким илистым материалом. Относятся они к малым озерам, площадью от 0,2 до 10 км². Размеры наиболее крупных озер составляют около 3–4 км в длину и 1–2,5 км в ширину. Глубина озер не превышает 0,5–0,7 м. 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. В более крупных озерах вода сохраняется в течение всего года, но и они иногда высыхают после ряда маловодных лет. Почти полная загипсованность глинистых образований, неоднородность литологического состава озерных отложений и интенсивное испарение оказывают существенное влияние на химический состав и минерализацию. В результате

испарения происходит накопление минеральных солей в озерных котловинах, которое предопределяет повышенную минерализацию воды.

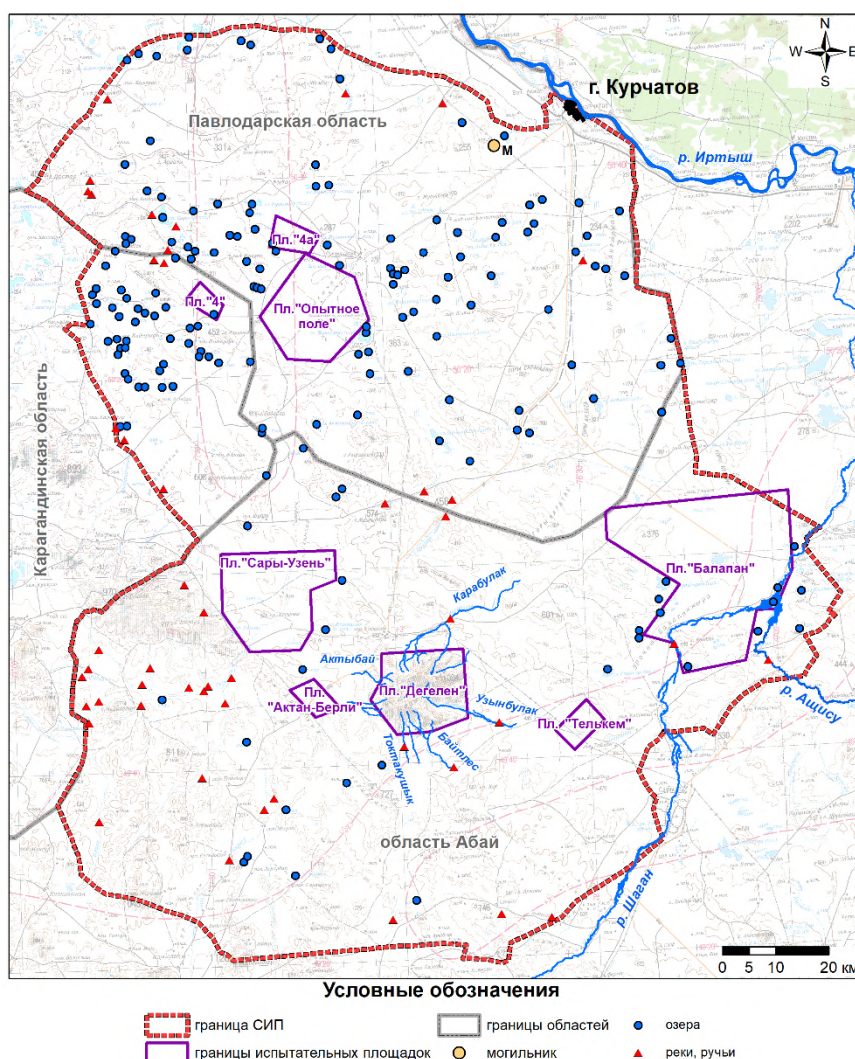


Рисунок 4. Поверхностные водные объекты СИП

Степень минерализации вод на обследуемой территории изменяется от соленых вод до рассолов и является изменчивой. Отмечаются изменения минерализации как по площади, так и по сезонам и годам [7, 8, 9, 10, 11, 12]. В период снеготаяния преобладает гидрокарбонатный тип вод. В процессе прохождения паводка происходит увеличение концентрации солей за счет увеличения количества ионов хлора и натрия. Таким образом, в период межени воды становятся солеными и горько-солеными с преобладанием хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного типа различного катионного состава [9, 12].

1.3.2.2 Гидрогеология

Информация о подземных водах территории СИП представлена в фондовых материалах, состоящих из следующих объяснительных записок к Государственной геологической карте СССР [13, 14, 15, 16, 17]. Согласно представленной информации, территория СИП располагается на северном склоне Балхаш-Иртышского водораздела и имеет общий уклон на северо-восток к долине р. Иртыш. Основное направление движения подземных вод северное и северо-восточное [18].

Гидрогеологическое строение СИП обусловлено геологическими и структурно-тектоническими особенностями региона. Подземные воды полигона представлены следующими водоносными горизонтами:

- озерными отложениями современного возраста (поровые воды);
 - аллювиально-пролювиальными отложениями среднечетвертичного до современного возраста (грунтовые воды);
 - в разломах пород палеозоя и мезозоя (трещинные и трещинно-жильные воды).
- Схема движения грунтовых и трещинных вод на территории СИП представлена на рисунке (Рисунок 5).

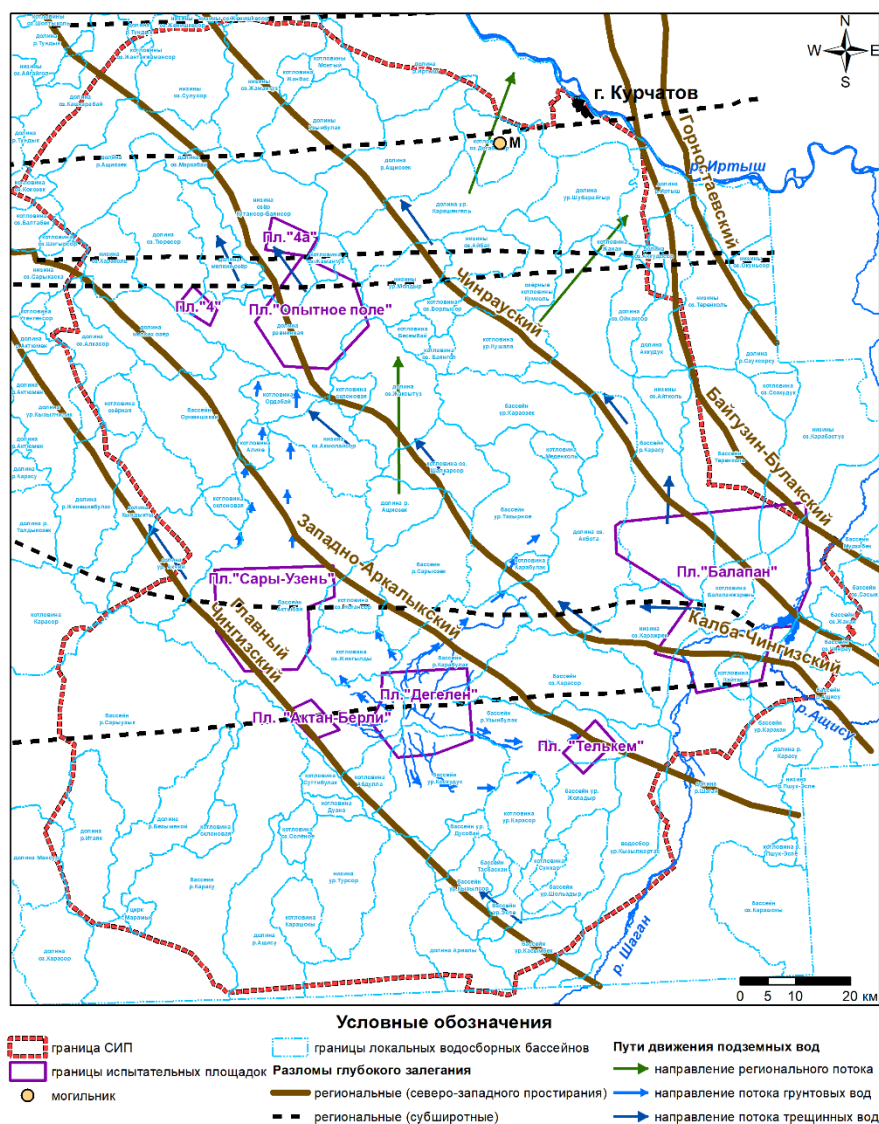


Рисунок 5. Направление движения подземных СИП

Поровые воды. Поровые воды залегают на небольшой глубине и имеют ограниченное распространение. Просачиваясь в слои грунта, учувствуют в питании корневой системы растений и не образуют постоянного водоносного горизонта. Описываемые воды имеют на площади спорадическое распространение. Они вскрываются на глубинах от 1 до 10 м. Питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, частичного поглощения паводкового стока в руслах временных водотоков [19].

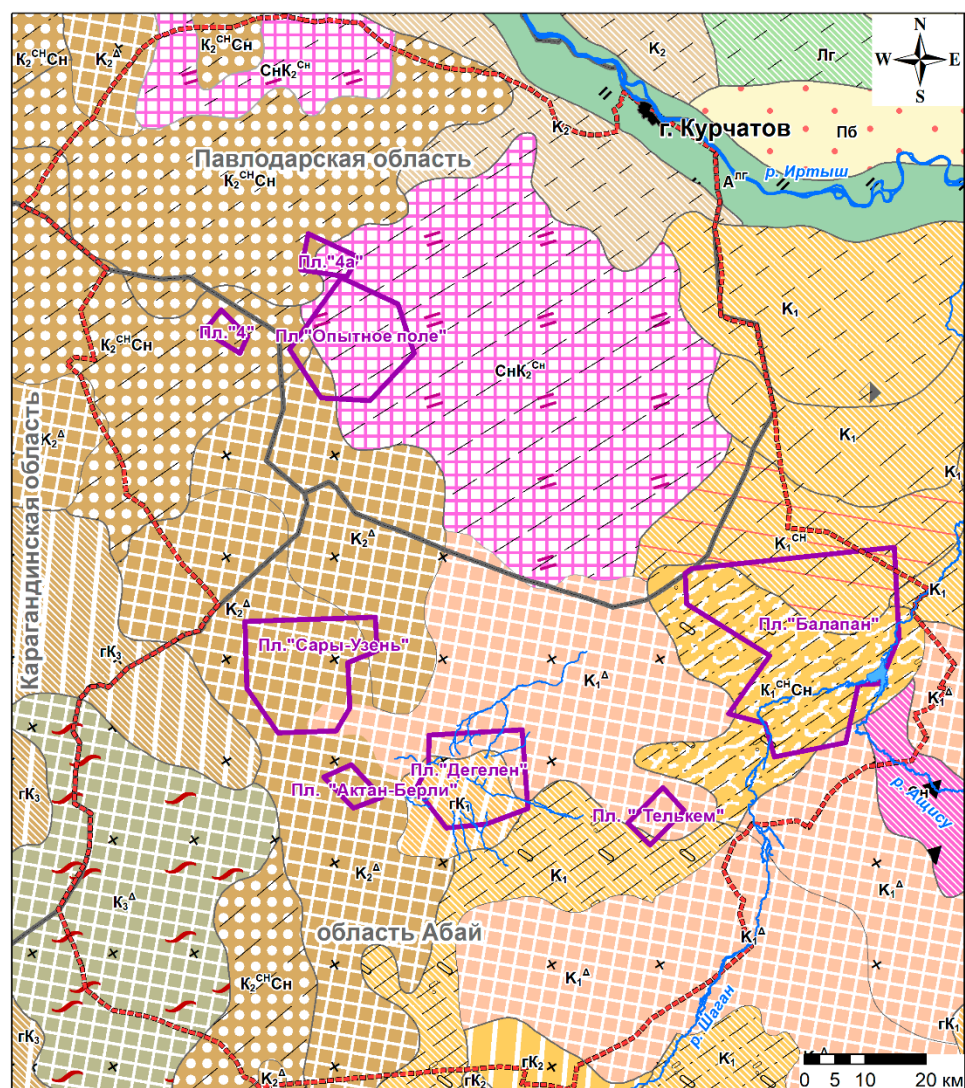
Грунтовые воды. Грунтовые воды циркулируют в рыхлых четвертичных отложениях. Водовмещающие породы представлены суглинками с примесью песка и мелкого щебня или глинами с прослоями песка, часто подстилаются водоупорными глинами неогена. Глубина залегания уровня воды 5-50 м. Питание осуществляется за счет инфильтрации поверхностного стока талых вод и атмосферных осадков. Направление движения согласно гидравлическому уклону поверхности северное, северо-восточное. Дебиты изменяются в пределах от 1 до 3 л/с.

Трещинные воды. Трещинно-жильные воды по условиям залегания не формируют единого водоносного горизонта, а образуют локальные субвертикальные потоки подземных вод, ограниченные зоной нарушения. Для эффузивных и интрузивных пород она составляет 40–80 м. Питание формируется за счет инфильтрации атмосферных осадков, редко за счет поступления грунтовых вод в зоны экзогенной трещиноватости. Трещинные воды регионального характера распространены в зонах крупных тектонических нарушений – в коренных породах палеозойского фундамента. Направление движения вод соответствуют направлению тектонических разломов северо-западного простирания. Глубина распространения достигают до 100–150 м. Наибольшие дебиты (3–6 л/с) имеют водоисточники в низкогорных возвышенностях, а наименьшие (не более 2 л/с) – на мелкосопочных массивах. В тектонических зонах дебит отдельных водоисточников достигает 10 л/с.

Согласно информативной карте Комитета геологии и недропользования министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан, на обследуемой территории СИП отсутствует разведанные месторождения подземных вод [20].

1.3.3 Земельные ресурсы и почвы

В почвенно-географическом отношении территория СИП охватывает две подзоны степной зоны, а именно, подзону сухих степей с зональным подтипом каштановых почв и подзону пустынных степей на светло-каштановых почвах. В центральной и южной частях СИП получили распространение светло-каштановые почвы, которые с севера, запада и юга обрамляются более гумидной подзоной каштановых почв [21]. Схематическая почвенная карта СИП приведена на рисунке (Рисунок 6).



Условные обозначения			
	граница СИП	Почвообразующие породы	
	границы областей		
	границы испытательных площадок		
Почвы равнин			грубоскелетные образования
	солонцы автоморфные		засоленные глины и суглинки
	пойменные луговые		легкосуглинистые
	луговые		песчано-галечниковые отложения
	почвы боровых песков		плотные кристаллические породы
	каштановые		слоистые различного состава
	светлокаштановые		суглинистые
	светлокаштановые солонцеватые		супесчаные и песчаные
	светлокаштановые малоразвитые и неполноразвитые щебнистые		щебнистые
	каштановые малоразвитые и неполноразвитые щебнистые		
	темнокаштановые малоразвитые и неполноразвитые щебнистые		
	низкоразвитые темнокаштановые		
	комплексы почв		
	комплексы почв		

Почвы и почвенные комплексы: K_1 – светло-каштановые; K_2 – каштановые; K_3 – темно-каштановые; $гК$ – горно-каштановые; K_1^A – светло-каштановые малоразвитые; K_2^A – каштановые малоразвитые; K_3^A – темно-каштановые малоразвитые; C_n – солонцы степные; K_1^{Cn} – светло-каштановые солонцеватые; $K_1^{Cn} \cdot C_n$ – светло-каштановые солонцеватые в комплексе с солонцами степными; K_2^{Cn} – каштановые солонцеватые в комплексе с солонцами степными; $C_n \cdot K_2^{Cn}$ – солонцы степные в комплексе с каштановыми солонцеватыми; $A^{лг}$ – пойменно-луговые; $Лг$ – луговые; $Пб$ – почвы бурых песков.

Рисунок 6. Почвенная карта территории СИП

Среди зональных почв на территории СИП наиболее широкое распространение получили малоразвитые роды почв. Они формируются по сглаженным вершинам и склонам сопкок на маломощных элювиально-делювиальных грубоскелетных отложениях. В широких сухих межсопочных равнинах формируются автоморфные зональные нормальные и солонцеватые почвы, нередко в комплексе с солонцами автоморфными. В долинах мелких рек и ручьев, расчленяющих мелкосопочник, может наблюдаться генетический ряд почв от гидроморфных избыточно увлажненных до автоморфных зональных. Здесь низкие части долины могут быть

заняты луговыми и даже болотно-луговыми почвами. По мере удаления от русла они сменяются полугидроморфными почвами, в которых в различной степени может проявляться процесс соленакопления. Заканчивается этот ряд, как правило, зональными щебнистыми почвами на шлейфах сопок.

На денудационных равнинах в большинстве своем преобладают зональные легкосуглинистые щебнистые почвы. Они часто несут в себе признаки солонцеватости и засоления. Замкнутые бессточные депрессии на равнинах и в мелкосопочниках заняты солончаками. Днища таких депрессии окаймляются полосой гидроморфных солонцов в комбинации с полугидроморфными солонцевато-солончаковыми зональными почвами [22].

На территории переходной от Казахского мелкосопочника к Прииртышской равнине широкое распространение получили комплексы зональных солонцеватых почв с солонцами степными, в которых последние нередко выходят на доминирующую роль. Наиболее близко облику почв каштанового типа соответствует морфологический профиль каштановых нормальных почв. Он четко дифференцирован на генетические горизонты. Мощность гумусового горизонта «А+В» колеблется в пределах 35-45 см. Сразу под гумусовым горизонтом располагается карбонатный горизонт. Карбонаты выделяются в виде белесых расплывчатых пятен. В почвообразующей породе могут встречаться скопления гипса.

Содержание органического вещества у каштановых почв может достигать 2,5-3,5%. Верхняя часть профиля нормальных каштановых почв свободна от карбонатов. Эти почвы по всему профилю не содержат заметных количеств легкорастворимых солей.

Центральная и восточная часть СИП занята светло-каштановыми почвами, которые являются более южным зональным подтипом степной зоны. Они имеют устойчивый, сформированный профиль, для которого характерна небольшая мощность гумусового горизонта («А+В» у суглинистых разновидностей не превышает 35 см) и отчетливое деление на коричневато-серый со слоеватым сложением и комковатой непрочной структурой горизонта «А» и коричневато-светло-бурый уплотненный горизонт «В». Глубже выделяется плотный карбонатно-иллювиальный горизонт, переходящий в почвообразующую породу. Вскипание от соляной кислоты отмечается в пределах гумусового горизонта. В верхних горизонтах светло-каштановых почв содержится около 2-2,5% гумуса. Описываемые почвы полигона в большинстве своем имеют легкосуглинистый механический состав и отличаются повышенным содержанием скелетных частиц по всему профилю [23].

Среди подтипов каштановых и светло-каштановых почв на территории полигона, кроме нормальных, встречаются также карбонатные, солонцеватые и малоразвитые роды почв. Карбонатные почвы распространены, преимущественно, среди почв каштановой подзоны.

Основными диагностическим признаком каштановых и светло-каштановых солонцеватых почв является наличие в их морфологическом профиле резко выделяющегося по цвету, плотности и структуре, иллювиального солонцеватого горизонта. Он имеет более темные коричневые тона в окраске, значительное уплотнение, и комковато-ореховатую или ореховато-призматическую структуру. Из физико-химических показателей, прежде всего следует выделить состав поглощенных оснований в солонцеватом горизонте. Поглощающий комплекс его содержит обменный натрий в количестве до 15% от суммы. Кроме того, в этом горизонте усиливается щелочность и увеличивается содержание тонкодисперсных механических элементов.

Малоразвитые каштановые и светло-каштановые почвы формируются по пологим вершинам и склонам сопок, в местах, где коренные плотные породы залегают близко к поверхности, а мощность мелкоземистого слоя не превышает 40 см. Они характеризуются укороченным морфологическим профилем, сильной защебненностью почвенной массы и неполным набором генетических горизонтов.

Лугово-каштановые почвы – это почвы полугидроморфного ряда. Они формируются под лугово-степной растительностью в пониженных формах рельефа, вследствие чего получают дополнительное увлажнение за счет периодического влияния неглубоких грунтовых вод или поверхностного стока. Развиваясь в более благоприятных условиях, они отличаются от зональных несколько большей мощностью гумусового горизонта, более высоким содержанием

органического вещества в нем, а, следовательно, и более темной окраской его. В этих почвах довольно часто проявляются признаки засоления и солонцеватости.

Луговые почвы на территории полигона распространены по низким частям долин мелких рек и ручьев. В частности, широко представлены в поймах ручьев горного массива Дегелен [24]. В их формировании активное участие принимают грунтовые воды, залегающие на глубине 1-3 м. Кроме того, они могут испытывать поверхностное увлажнение за счет затопления снеготальными и дождевыми водами. Своеобразие состава луговых почв определяется режимом увлажнения, степенью минерализации грунтовых вод, особенностями почвообразующих пород. Но для всех луговых почв характерно формирование мощного гумусового горизонта с высоким содержанием перегноя.

Солонцы на территории полигона встречаются в виде комплексов с другими почвами. Среди них различают автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные типы. Профиль солонцов четко дифференцирован на генетические горизонты. Своеобразие морфологического строения генетического профиля солонцов заключается, прежде всего, в двух верхних горизонтах – элювиальном и иллювиальном.

Элювиальный или надсолонцовый горизонт окрашен обычно в более светлые серые тона. Он слабо уплотнен, обеднен минеральными и органическими коллоидами и имеет относительно облегченный механический состав. Иллювиальный, солонцовый горизонт резко отделяется от верхнего. Окраска его значительно темнее. Он очень сильно уплотнен, разбит вертикальными трещинами и имеет призмовидную, столбчатую или ореховатую структуру. Под солонцовым горизонтом располагается карбонатный с яркими новообразованиями карбонатов в виде «белоглазки». Глубже выделяется почвообразующая порода со скоплениями легкорастворимых солей и гипса.

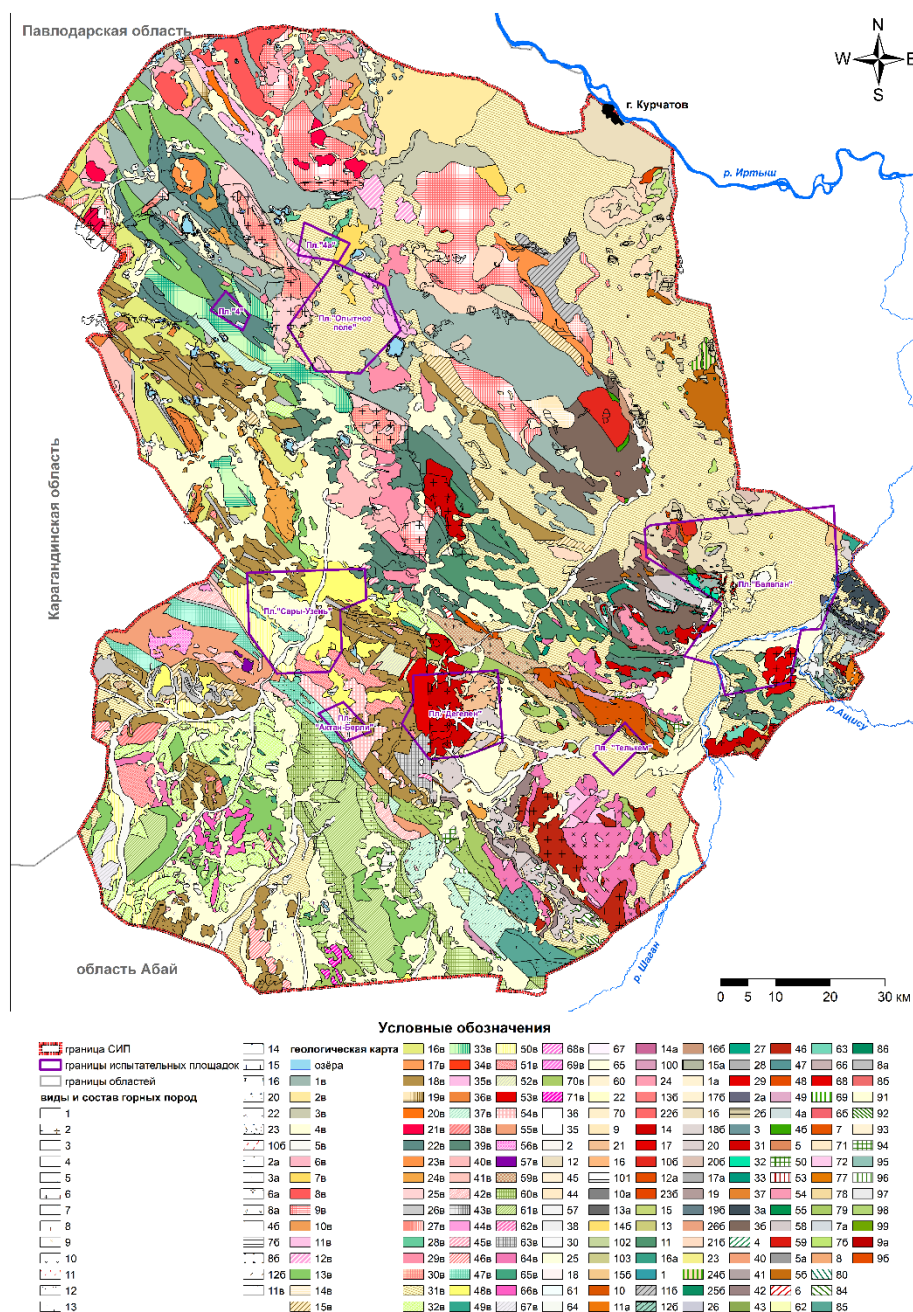
Из физико-химических особенностей солонцов следует отметить повышенную емкость обмена в солонцовом горизонте, до 20 и более процентов от суммы поглощенных оснований. Реакция почвенных растворов в этом горизонте повышается до щелочной. Распределение гранулометрических фракций по вертикальному профилю показывает присущую солонцам закономерность – верхняя часть профиля обеднена илистыми частицами, а в иллювиальном горизонте их количество резко возрастает. Нередко в профиле солонцов содержится повышенное количество легкорастворимых солей.

Солончаки на территории полигона распространены по замкнутым бессточным депрессиям на денудационной равнине и в мелкосопочнике. Они формируются под влиянием минерализованных вод, залегающих на небольшой глубине, и за счет привноса солей с окружающих территорий поверхностным стоком. Общей отличительной особенностью всех солончаков является наличие в поверхностном слое легкорастворимых солей в количестве свыше 1% [25].

1.3.4 Геологическая среда и недра

1.3.4.1 Геологическая среда

Для построения геологической карты территории СИП масштаба 1:200000 (Рисунок 7) и составления пояснительной записки к ней использована Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000 лист М-44-ХІІІ [26], а также отчеты о результатах геологической съемки, авторы: В.И. Жуковский, Х.К. Исмаилов (1999–2002 г.).



проведения исследований на территорию полигона на протяжении длительного периода времени.

Сложность геологического строения территории СИП определяется ее расположением в области сочленения двух крупных разновозрастных складчатых систем: Чингиз-Тарбагатайской-каледонского и Зайсанской-герцинского возрастов. Названные складчатые системы разделяются мощным Калба-Чингизским разломом, выраженным в виде зоны разрывных структур шириной от 100 до 1000 м. Калба-Чингизский разлом является областью интенсивных тектонических движений на протяжении всей геологической истории региона. Кроме Калба-Чингизского в отложениях обеих складчатых систем отмечается целый ряд крупных разломов, ориентированных, в основном, в северо-западном направлении и разделяющих структуры с различной геологической историей. Наиболее крупным из них является Главный Чингизский разлом.

Наиболее крупной и наиболее древней структурой в регионе является Чингиз-Тарбагатайский антиклинорий, занимающий всю центральную часть площади полигона. Породы антиклинория представлены яшмодиабазовой, андезитодиабазо-базальтовой, вулканогенно-терригенной формациями кембрия карбонатно-терригенными, вулканогенно-терригенными и континентальными терригенными отложениями силура-ордовика. Кембрийская формация слагается базальтовыми и диабазовыми порфиритами, спилитами и горизонтами андезитобазальтов, красно-бурых яшм, глинистых алевролитов, реже песчаников, известняков, конгломератов. Отложения формации силура-ордовика, в основном, представлены кремнистыми, известково-кремнистыми алевролитами, кварц-полевошпатовыми песчаниками, а также андезитоацитовыми и андезитовыми порфиритами, их туфами и лавобрекчиями.

Главный Чингизский разлом отделяет от Чингиз-Тарбагатайского антиклинория другую крупную структуру – Абралинский синклинорий, отложения которого слагают юго-западную часть участка обследования. Здесь более распространены породы формации силура-ордовика и кембрийской формации. По составу кембрийские отложения Абралинского синклинория аналогичны породам кембрийской формации Чингиз-Тарбагатайского антиклинория. Отложения силура-ордовика выполняют осевую часть Абралинского синклинория и представлены туфами и лавами андезитовых, базальтовых порфиритов с прослоями песчаников, алевролитов, конгломератов.

В северо-восточной части территории полигона, примыкая к Чингиз-Тарбагатайскому мегаантиклинорию, располагается Жарминский синклинорий и Чарская складчатая зона, сложенные осадочными и осадочно-вулканогенными породами среднего, верхнего девона (андезитовые порфириты и их туфы, песчаники, алевролиты, яшмы, базальтовые порфириты) и карбона (полимиктовые и кварц-полевошпатовые песчаники, конгломераты, гравелиты, углисто-глинистые, углисто-кремнистые и кремнистые алевролиты, известковые песчаники, известняки).

В результате интенсивных тектонических движений отложения обеих складчатых систем смяты в разнообразные, часто в крутые складки с многочисленными разрывными нарушениями и проявлениями интрузивной деятельности, что привело к формированию блоков пород преимущественно северо-западной ориентировки с анизотропией физико-механических свойств.

Магматизм. Территория СИП характеризуется широким развитием эффузивного и интрузивного магматизма. Интрузивный магматизм наиболее проявлен в пределах Чингиз-Тарбагатайского антиклинория, где сформированы крупные массивы (до 2500 км²) силурийского, девонского и пермского возрастов. Представлены они широким рядом пород от габбро до граносиенитов, а в основном, это граниты и гранодиориты.

Покровные отложения. В северо-восточной части участка палеозойские образования перекрываются неоген-четвертичными и палеогеновыми песчано-глинистыми отложениями южной краевой части Прииртышской впадины и повсеместно - четвертичными суглинками и песками. Мощность четвертичных отложений в понижениях рельефа достигает 10-20 м, мощности неоген-палеогеновых горизонтов возрастают в северо-восточном направлении (вглубь Прииртышской впадины) до 10 и 100 м.

Оценка сейсмической обстановки на территории СИП

До 2005 г. системное изучение сейсмичности и оценка сейсмической опасности на территории СИП не проводились. С 2005 г. был начат сбор и анализ информации об исторических землетрясениях в регионе. Привлечены данные глобальных сейсмических сетей, архивные данные Комплексной сейсмологической экспедиции Объединенного Института физики Земли Российской академии наук (КСЭ ОИФЗ РАН) и ТОО «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» Министерства образования и науки (СОМЭ МОН РК).

Для оценки сейсмической обстановки на территории СИП использованы такие источники, как каталоги землетрясений Геологической службы США (USGS) PDE (Preliminary Determination of Epicenters) и NEIC (National Event Information Center), мировой сети станций с 1973 г. по 2007 г.; каталоги Международного сейсмологического центра в Англии (ISC) с 1976 по 2005 г.; обзорного сейсмологического бюллетеня Международного центра данных в Вене (REB) с 2001 по 2008 г.; «Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР» – основа карты сейсмического районирования территории СССР 1978 г.; каталог землетрясений из книги «Сейсмическое районирование Казахстана»; каталоги из ежегодников: «Землетрясения в СССР», начиная с 1962 по 1991 гг., «Землетрясения Северной Евразии» с 1992 по 2000 гг.; различные литературные источники, особенно работы В. Халтурина. Для проверки и уточнения параметров ряда исторических землетрясений были отобраны аналоговые сейсмограммы из архивов СОМЭ МОН РК и КСЭ ОИФЗ РАН с 1950 г., которые были оцифрованы и использованы для перелокализации источников с применением современного программного обеспечения.

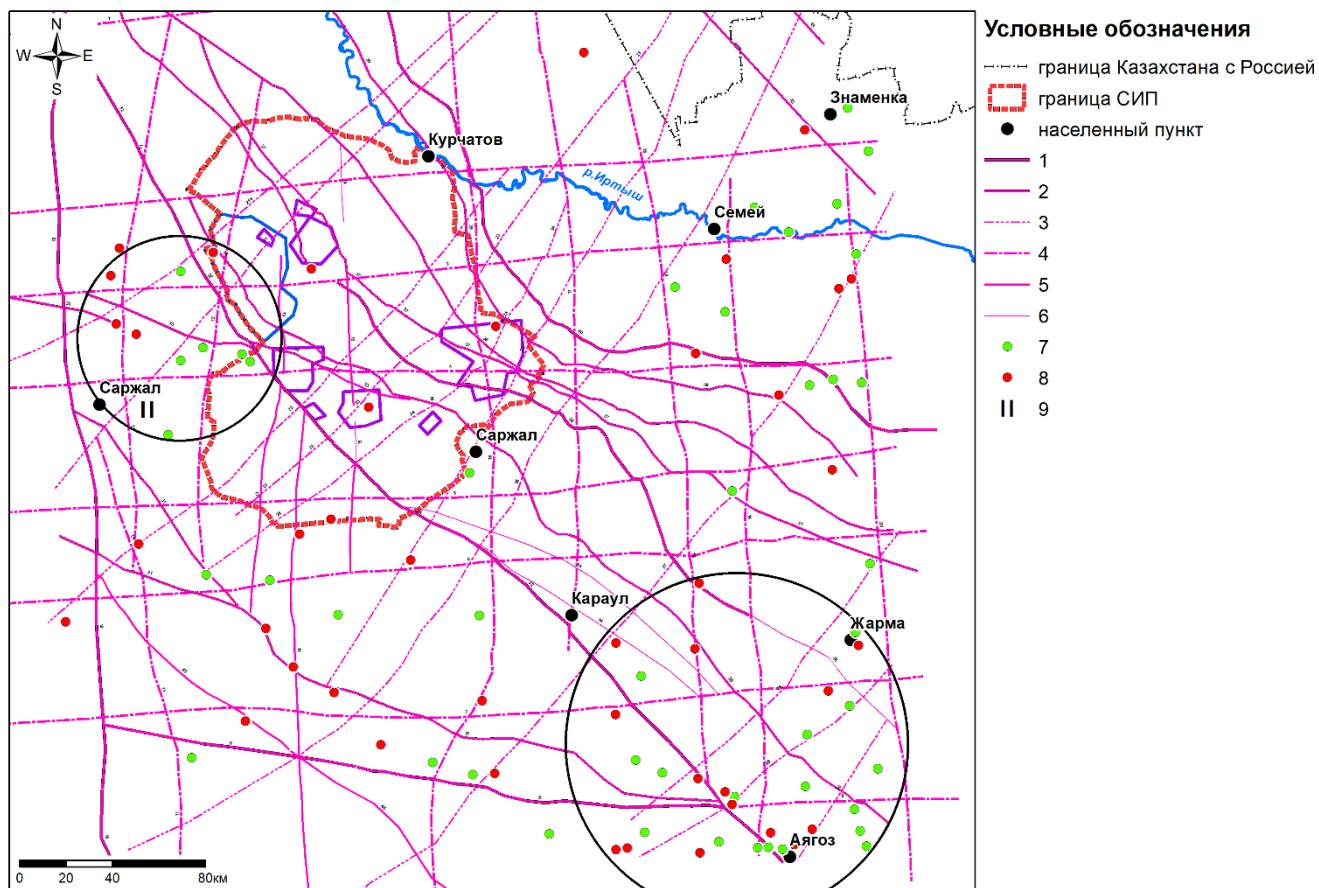
Всего на территории СИП и в прилегающих к ней районах найдено 26 исторических землетрясений. Из них наиболее сильными (с магнитудой более 5) являются 5. Ощутимых землетрясений, начиная с 2005 г., в районе СИП не произошло. Ощущалось одно удаленное землетрясение (эпицентр на расстоянии 330 км от г. Курчатов), которое произошло в Восточном Казахстане 30.01.2008 г. Расчетная интенсивность в эпицентре – 6 баллов, в г. Курчатов ощущалось как 3-4 балла.

Большая часть землетрясений зарегистрирована в структурах, обрамляющих территорию СИП. На рисунке (Рисунок 8) показано распределение эпицентров землетрясений относительно основных тектонических структур.

Обобщенная схема тектонических разломов, представленная на рисунке (Рисунок 8), построена по результатам обобщения результатов сейсмического мониторинга стационарными и полевыми станциями на СИП.

При анализе тектонических и сейсмических данных установлено, что Чингиз-Алакольская сейсмогенерирующая зона переходит в сейсмоактивный Главный Чингизский разлом (проходящий рядом с площадкой «Сары-Узень»), а Жарминская сейсмогенерирующая зона состыковывается с Чинрауским и с Жананским активными разломами (на участке Балапан). Линейные водонасыщенные зоны Чинрауского и Жананского тектонических разломов в северной части участка Балапан подворачивают к меридиональному Кызыл-Адырскому разлому. В 2007 г. на данном участке отмечено одно сейсмическое событие, интерпретированное как слабое землетрясение магнитудой менее 2.

Из разломов северо-западного направления к сейсмоактивным отнесен Муржикский сдвиговый тектонический разлом (северная часть площадки Сары-Узень), который ложится в плоскость, сдвигающую все тектонические структуры района на восток. Можно видеть, что все наиболее сильные землетрясения в рассматриваемом районе произошли в непосредственной близости от участка Сары-Узень на пересечении Главного Чингизского и Муржикского разломов. Другие значительные разломы северо-западного направления – Аркалыкский, Калба-Чингизский и Сериктасский – являются, по всей видимости, неактивными или слабоактивными, так как почти на всем своем протяжении залечены и сопровождаются кварцевыми жилами различной мощности.



Главные глубинные разломы: 1 – являющиеся границами геотектоногенов, 2 – северо-западного направления, 3 – северо-восточного направления, 4 – долготно-широтной ортогональной системы. 5 – глубинные второстепенные разломы, 6 – другие второстепенные разломы, 7 – эпицентры землетрясений (архивные данные), 8 – эпицентры землетрясений, зарегистрированные станциями РГП НЯЦ РК, 9, 10 – номера сейсмоактивных зон.

Рисунок 8. Карта распределения эпицентров землетрясений с расположением основных тектонических структур района СИП и прилегающих территорий

В целом по имеющимся данным можно утверждать, что сейсмичность обследуемых площадок «Сары-Узень», «Дегелен» и «Балапан», как и всего района СИП с прилегающими территориями, определяется тектоническими структурами северо-западного простирания. В результате обобщения и анализа всего собранного материала по тектоническому строению, исторической и современной сейсмичности обследуемого участка выделено две основные сейсмоактивные потенциально опасные зоны (Рисунок 8).

Первая зона располагается к юго-востоку от территории СИП. Она приурочена к северо-западным отрогам Тарбагатай. В этой зоне эпицентры сейсмических событий фиксируются в узлах пересечения разломов продольно-поперечной (северо-восточного и северо-западного направлений) и долготно-широтной систем. Эпицентры землетрясений связаны с узлами пересечения Главного Чингизского, Аркалыкского, Чингиз-Саурского (северо-западное направление) и Дельбегетейского, Дунгалинского, Кандыгатайского и Жолдыбайского (северо-восточного направления) разломов. Разломы долготно-широтной системы (Каскабулакский, Акбулакский) играют второстепенную роль. Эта зона является составной частью Тарбагатай-Алтайского региона, сейсмическая активность которого в пределах Восточного Казахстана давно известна.

Вторая сейсмоактивная зона выделяется у западной границы полигона. Здесь зафиксированы свыше 10 эпицентров землетрясений в период с 1976 по 2008 гг. Самое сильное из известных сейсмических событий имеет магнитуду 5,8. Эпицентры данных землетрясений приурочены к зоне пересечения Главного Чингизского (северо-западное направление),

Муржикского (субширотное направление), Михайловского (северо-восточное направление) и Сарыюзекского (меридионального) разломов. Наличие сейсмоактивных зон в юго-восточной и северо-западной части Главного Чингизского разлома за пределами описываемого района дают основание считать этот разлом сейсмогенерирующим на всей его протяженности [27].

На территории обследуемого участка стационарными сейсмическими станциями РГП НЯЦ РК в период с 2008 по 2021 гг. сейсмических событий не зарегистрировано. В связи с чем, можно считать, что территория СИП не является сейсмически опасной. Однако, стоит учитывать, что от границ участка на расстоянии от 100 до 200 км расположены сейсмогенерирующие зоны, в которых происходят землетрясения разной силы, интенсивность сотрясений которых на обследуемой территории может достигать 5 баллов.

1.3.4.2 Недра

Начиная с 30-х годов XX века, территория СИП рассматривалась как перспективная для поисков полезных ископаемых. Советскими учеными были обнаружены: вольфрам, бериллий, железо, флюорит. В 1949 г. с началом проведения испытаний ядерного оружия геологоразведочные исследования прекратились. После закрытия СИП, огромная территория, бывшая до 1991 г. военным полигоном, вновь стала представлять интерес в плане изучения и использования недр.

В настоящее время на территории СИП разведано около 130 месторождений природных ископаемых, на рисунке (Рисунок 9) приведена схематизация месторождений обследуемого участка [27].

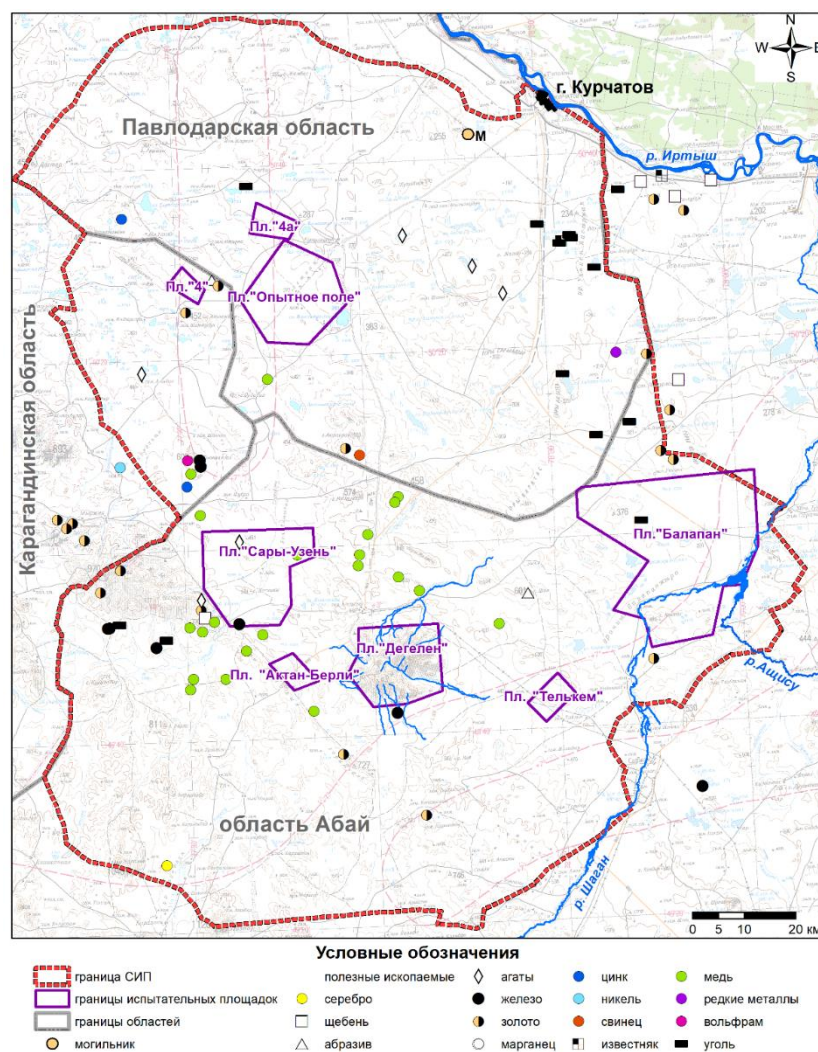


Рисунок 9. Схема размещения месторождений полезных ископаемых на территории СИП

По современным геологоразведочным данным на территории СИП выявлены площади и участки для поисков золотого, медно-порфирового (медь, молибден, золото), редкометального (вольфрам, молибден) оруденения и каменного угля.

1.3.5 Растительный мир (флора)

По ботанико-географическому районированию [28] растительный покров обследуемой территории относится к сухим ксерофитноразнотравно-дерновиннозлаковым степям на каштановых почвах.

Доминантами растительного покрова являются полыни: полынь сублессинговидная (*Artemisia sublessingiana*), полынь холодная (*Artemisia frigida*), полынь компактная-«п.белеющая» (*Artemisia compacta*-«*A.albida*»), полынь тонковатая (*Artemisia gracilescens*) и дерновинные злаки: ковыли - тырса, или ковыль-волосатик (*Stipa capillata*), тырсик, или ковыль сарептский (*Stipa sareptana*), ковылок, или ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana*) и типчак, или овсяница валисская (*Festuca valesiaca*). Распределение фитоценотической роли дерновинных злаков и полыней зависит от эдафических условий формирования сообществ. На нормальных светло-каштановых почвах распространена полынь сублессинговидная (*Artemisia sublessingiana*), на щебнистых вариантах почв преобладают полыни компактная (*Artemisia compacta*) и п.холодная (*Artemisia frigida*), для солонцеватых разностей характерна полынь тонковатая (*Artemisia gracilescens*).

Характерными сопутствующими видами в степных ценозах являются злаки: житняк (*Agropyron cristatum*), змеевка (*Cleistogenes squarrosa*), ломкоколосник (*Psathyrostachys juncea*), мятлики (*Poa stepposa*, *Poa angustifolia*), овсец (*Helictotrichon desertorum*), тимopheевка (*Phleum phleoides*), тонконог (*Koeleria cristata*).

Распространение других сопутствующих видов полыней также связано с экологическими условиями: полынь Маршалла (*Artemisia marschalliana*) встречается в гемипсаммофитных вариантах степей, т.е развитых на почвах легкого мехсостава - легкосуглинистых и супесчаных; полынь австрийская (*Artemisia austriaca*) и п.веничная (*A.scoparia*) распространены на нарушенных участках степей; полынь-эстарагон (*Artemisia dracunculus*) и п.понтйская (*A.pontica*) характерны в остепненных лугов.

Из разнотравья характерны следующие сопутствующие виды – анкафия огненная (*Ancathia igniaria*), зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa*), ирис кожистый (*Iris scariosa*), лапчатка бесстебельная (*Potentilla acaulis*) и л.дважды вильчатая (*P.bifurca*), наголоватка многоцветковая (*Jurinea multiflora*), подмаренник русский (*Galium ruthenicum*) и подмаренник настоящий (*Galium verum*), солонечник татарский (*Galatella tatarica*) и солонечник мохнатый (*Galatella villosa*).

Степные кустарники и полукустарнички, встречающиеся здесь: карагана низкая (*Caragana pumila*) и таволга зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia*), эфедра (*Ephedra distachya*), зизифора (*Ziziphora clinopodioides*), тимьян (*Thymus marshallianus*).

Доминантными растениями северо-восточной части обследуемой территории являются дерновинные злаки: ковыль (*Stipa capillata*, *S. sareptana*, *S. lessingiana*) и типчак (*Festuca valesiaca*). В качестве сопутствующих видов повсеместно преобладают полыни (*Artemisia marschalliana*, *A. gracilescens*, *A. frigida*, *A. dracunculus*). Из ксерофитного разнотравья встречаются – анкафия (*Ancathia igniaria*), ирис (*Iris scariosa*), лапчатка (*Potentilla acaulis*), подмаренник (*Galium ruthenicum*, *G. Verum*), солонечник (*Galatella tatarica*, *G. villosa*), из злаков – житняк (*Agropyron cristatum*), змеевка (*Cleistogenes squarrosa*), мятлик (*Poa stepposa*, *P. angustifolia*), овсец (*Helictotrichon desertorum*), тимopheевка (*Phleum phleoides*), тонконог (*Koeleria cristata*). Среди степных кустарников распространены карагана (*Caragana pumila*) и таволга (*Spiraea hypericifolia*).

Доминантами растительного покрова юго-западной части обследуемой территории являются дерновинные злаки: ковыли – тырса или ковыль-волосатик (*Stipa capillata*), тырсик или ковыль сарептский (*Stipa sareptana*), ковылок или ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana*), типчак или овсяница валисская (*Festuca valesiaca*). В этой части территории СИП отмечены типчаково-коржинскоковыльные (*Stipa korshinskyi*, *Festuca sulcata*, *Galatella divaricata*, *Artemisia frigida*, *A. schrenkiana*, *Veronica incana*, *Dianthus rigidus*) степи. Встречаются они на склонах мелкосопочников, сложенных карбонатными породами (известняками, мергелями, карбонатными песчаниками).

Распределение фитоценотической роли ковылей и типчака зависит от эдафических условий формирования сообществ.

В составе сообществ в качестве сопутствующих видов встречаются другие дерновинные и корневищные злаки – житняк (*Agropyron cristatum*), змеевка (*Cleistogenes squarrosa*), мятлики (*Poa stepposa*, *Poa angustifolia*), овсец (*Helictotrichon desertorum*), тимофеевка (*Phleum phleoides*), тонконог (*Koeleria cristata*).

Из ксерофитного разнотравья характерны следующие сопутствующие виды – анкафия огненная (*Ancathia igniaria*), ирис кожистый (*Iris scariosa*), лапчатка бесстебельная (*Potentilla acaulis*), подмаренник русский (*Galium ruthenicum*) и подмаренник настоящий (*Galium verum*), солонечник татарский (*Galatella tatarica*) и солонечник мохнатый (*Galatella villosa*).

Важную роль в сложении степных ценозов играют полыни – п.холодная (*Artemisia frigida*), п.Маршалла (*Artemisia marschalliana*), п. тонковатая (*Artemisia gracilescens*), п.малоцветковая или п.черная (*Artemisia pauciflora*).

Среди степных кустарников в этой зоне преобладают карагана низкорослая (*Caragana pumila*) и таволга зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia*).

На солонцеватых почвах распространены комплексы полынно-типчаково-ковыльных (*Stipa lessingiana*, *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia gracilescens*) сообществ с тонковатополынными (*Artemisia gracilescens*) и кокпековыми (*Atriplex cana*) сообществами.

Доминантами растительного покрова западной и юго-западной части территории СИП являются дерновинные злаки: ковыли – тырса или ковыль-волосатик (*Stipa capillata*), тырсики или ковыль сарептский (*Stipa sareptana*), ковылок или ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana*), типчак или овсяница валисская (*Festuca valesiaca*).

В этой части территории СИП отмечены типчаково-коржинскоковыльные (*Stipa korshinskyi*, *Festuca sulcata*, *Galatella divaricata*, *Artemisia frigida*, *A. schrenkiana*, *Veronica incana*, *Dianthus rigidus*) степи. Встречаются они на склонах мелкосопочников, сложенных карбонатными породами (известняками, мергелями, карбонатными песчаниками).

Распределение фитоценотической роли ковылей и типчака зависит от эдафических условий формирования сообществ.

В составе сообществ в качестве сопутствующих видов встречаются другие дерновинные и корневищные злаки – житняк (*Agropyron cristatum*), змеевка (*Cleistogenes squarrosa*), мятлики (*Poa stepposa*, *Poa angustifolia*), овсец (*Helictotrichon desertorum*), тимофеевка (*Phleum phleoides*), тонконог (*Koeleria cristata*).

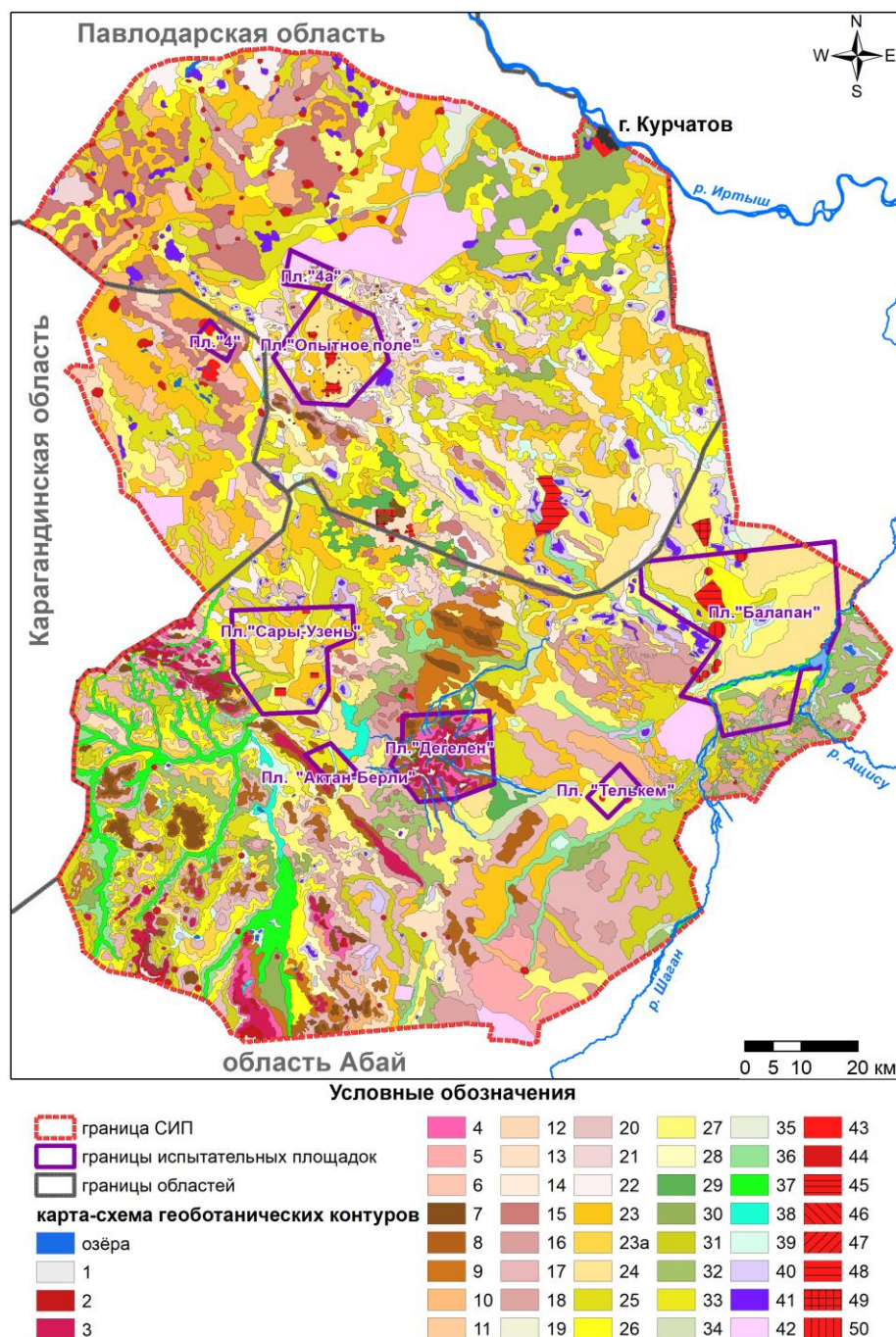
Из ксерофитного разнотравья характерны следующие сопутствующие виды – анкафия огненная (*Ancathia igniaria*), ирис кожистый (*Iris scariosa*), лапчатка бесстебельная (*Potentilla acaulis*), подмаренник русский (*Galium ruthenicum*) и подмаренник настоящий (*Galium verum*), солонечник татарский (*Galatella tatarica*) и солонечник мохнатый (*Galatella villosa*).

Важную роль в сложении степных ценозов играют полыни – п.холодная (*Artemisia frigida*), п.Маршалла (*Artemisia marschalliana*), п. тонковатая (*Artemisia gracilescens*), п.малоцветковая или п.черная (*Artemisia pauciflora*).

Среди степных кустарников в этой зоне преобладают карагана низкорослая (*Caragana pumila*) и таволга зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia*).

Пространственное распределение и флористический состав сообществ тесно связаны с условиями среды: климатическими (температура, осадки, инсоляция и др.), топологическими (рельеф, микрорельеф, крутизна и экспозиция склона и др.), эдафическими (тип почв, их мехсостав, засоление, подстилающие породы и др.).

На территории выделено несколько почвенно-растительных экосистем (Рисунок 10). Карта экосистем создана с использованием топографической основы и космических снимков, условные обозначения приведены в приложении (Приложение 2). Карта экосистем является инвентаризационной, на основе которой могут разрабатываться другие типы картографических произведений.



1, 2, 3, 4, 5, 6 – экосистемы низкогогорья; 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 – экосистемы высокого мелкосопочника; 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 – экосистемы низкого мелкосопочника; 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 – экосистемы делювиально-пролювиальных равнин; 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 – экосистемы аллювиальных равнин; 41 – экосистемы соров; 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50 – антропогеннопроизводные экосистемы

Рисунок 10. Схематическая карта распределения растительных экосистем

Экосистемы денудационно-тектонических низкогорий. Экосистемы денудационно-тектонических низкогорий: горы Сункар (600 м) имеют пестрый литологический состав пород: они сложены основными и кислыми эффузивами, туфами, песчаниками, конгломератами, интрузивными гранитами и гранитоидами. Основная часть низкогорий сглаженных очертаний с выходами коренных пород. Относительное превышение над цокольными равнинами достигает до 250 м. Растительный покров представлен серией петрофитных (*Patrinia intermedia*, *Orostachys spinosa*, *Potentilla acaulis*, *Thymus marschalianus*) сообществ по вершинам, типчаково-ковыльковых (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*) и холоднопопынно-типчаково-ковыльковых (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*) с караганой (*Caragana pumila*) по склонам, разнотравно-

типчакково-овсецовых (*Helictotrichon schellianum*, *Festuca valesiaca*, *Gypsophila patrinii*) с таволгой (*Spiraea hypericifolia*) по вогнутым частям склонов и ложбинам на горных лугово-светло-каштановых почвах низкогорий.

Горы Акшоки (641 м), Кулаккескен (746 м), Сункар (600 м) имеют пестрый литологический состав пород: они сложены основными и кислыми эффузивами, туфами, песчаниками, конгломератами, интрузивными гранитами и гранитоидами. Основная часть низкогорий сглаженных очертаний с выходами коренных пород. Относительное превышение над цокольными равнинами достигает 250 м. Растительный покров представлен серией петрофитных (*Patrinia intermedia*, *Orostachys spinosa*, *Potentilla acaulis*, *Thymus marschalianus*) сообществ по вершинам, типчакково-ковыльковых (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*) и холоднопопынно-типчакково-ковыльковых (*Stipa lissingiana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*) с караганой (*Caragana pumila*) по склонам, разнотравно-типчакково-овсецовых (*Helictotrichon schellianum*, *Festuca valesiaca*, *Gypsophila patrinii*) с таволгой (*Spiraea hypericifolia*) по вогнутым частям склонов и ложбинам на горных лугово-светло-каштановых почвах низкогорий.

Экосистемы гранитного низкогорья. Экосистемы гранитного низкогорья: горы Аршалы и Достар с отметками 343 и 336 м над уровнем моря, сложенные матрацевидными гранитами.

Растительный покров представлен серией сообществ: можжевельников (*Juniperus sabina*), петрофитно-разнотравных (*Thymus marschalliana*, *Ephedra distachya*, *Carex pediformis*, *Patrinia intermedia*, *Potentilla acaulis*), разнотравно-холоднопопынно-дерновиннозлаковых (*Stipa kirgisorum*, *Helictotrichon desertorum*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*, *Centaurea sibirica*, *Hieracium echinoides*) с кустарниками (*Caragana pumila*, *Spiraea hypericifolia*) по вершинам и склонам на гранитной дресве и скоплениях мелкозема между плитами (почвы – каштановые, горно-каштановые, малоразвитые, щебнистые); холоднопопынно-типчакково-тырсиковых (*Stipa sareptana*, *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Artemisia frigida*, *Iris scariosa*) по межсопочным логам на малоразвитых и неполноразвитых каштановых почвах, часто лугово-каштановых. Продуктивность растительного покрова территорий гранитного низкогорья варьирует от 0,2 до 3,1 ц/га.

Экосистемы высокого грядового и увалистого мелкосопочника с гранитными обнажениями, кварцитами, туфами по вершинам сопок. Распределение растительных сообществ обычно следующее: с доминированием петрофитно-разнотравно-спирейно-карагановых (*Caragana pumila*, *Spiraea hypericifolia*, *Patrinia intermedia*, *Sedum hybridum*, *Orostachys spinosa*, *Veronica pinnata*) сообществ по вершинам сопок и ковыльково-типчакково-тырсиковых (*Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Stipa lessingiana*, *Artemisia frigida*, *Carex supina*, *Galium ruthenicum*) по склонам и межсопочным степным понижениям на каштановых малоразвитых или неполноразвитых щебнистых почвах.

В случае обнажений на вершинах сопок кварцитов растительный покров представлен серией сообществ: аяниново-дерновиннозлаково-холоднопопынных (*Artemisia frigida*, *Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Ajania fruticulosa*, *Ephedra distachya*, *Veronica pinnata*, *Patrinia intermedia*) по вершинам и типчакково-ковыльковых (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Ephedra distachya*, *Galatella tatarica*) с караганой (*Caragana pumila*) по склонам и межсопочным степным понижениям на каштановых малоразвитых щебнистых почвах.

Растительность мелкосопочников, сформированных эффузивными породами, значительно беднее и характеризуется распространением серий сообществ: сублессингиановопопынно-типчакковых (*Festuca valesiaca*, *Artemisia sublessingiana*) со (*Spiraea hypericifolia*), сублессингиановопопынно-киргизскоковыльковых (*Stipa kirgisorum*, *Artemisia sublessingiana*) с караганой (*Caragana pumila*) и таволгой (*Spiraea hypericifolia*). В составе петрофильного разнотравья большую роль играют виды (*Veronica pinnata*, *Potentilla acaulis*, *Dianthus rigidus*), свойственные петрофитно-разнотравным сообществам Восточно-Казахстанской провинции.

Обширные межсопочные понижения в таком мелкосопочнике с гранитными обнажениями, в основном, – это степные ксерофитно-дерновиннозлаковые с участием ковылей (*Stipa sareptana*, *Stipa capillata*, *Stipa lessingiana*), типчака (*Festuca valesiaca*), полыней (*Artemisia frigida*, *Artemisia marschalliana*, *Artemisia gracilescens*), осоки (*Carex supina*), разнотравья (*Galatella tatarica*, *Ancathia igniaria*, *Iris scariosa*, *Potentilla acaulis*, *Galium ruthenicum*) сообщества. Конкретный видовой

состав фитоценозов зависит от экологических условий конкретного местообитания например: на супесчаных и легкосуглинистых почвах будут доминировать из ковылей – ковыль-волосатик, или тырса (*Stipa capillata*), а из полыней – полынь Маршалла (*Artemisia marschalliana*), при возрастании солонцеватости почв ковыль сменяется ковыльком (*Stipa lessingiana*), а из полыней преобладает полынь тонковатая (*Artemisia gracilescens*).

На солонцеватых почвах межсопочных понижений высокого увалистого мелкосопочника распространены комплексы с участием полынных (*Artemisia gracilescens*, *Artemisia pauciflora*) и кокпечника (*Atriplex cana*). На эродированных участках в комплекс добавляется тасбиюргунник (*Nanophyton erinaceum*).

В межсопочных понижениях на луговых или лугово-каштановых почвах с постоянным дополнительным увлажнением распространен микропоясной ряд сообществ: тростниковых (*Phragmites australis*), вейниковых (*Calamagrostis epigeios*), солодково-волоснецовых (*Leymus angustus*, *Glycyrrhiza uralensis*), люцерново-солонечниково-мятликовых (*Poa trivialis*, *Medicago falcata*, *Galatella biflora*).

Экосистемы высокого мелкосопочника. Экосистемы высокого мелкосопочника располагаются отдельными массивами. К ним относятся массивы с высотными отметками от 873 м до 792 м, а также мелкосопочные массивы Тасбаскан (545 м), Карашоки (534 м), Шан (601 м), Шоки (534 м) Кельмембет (537 м), Кия (582 м). Относительное превышение над цокольными равнинами достигает до 150 м. Рельеф представлен увалами и грядами, с выходами коренных пород пестрого литологического состава, а также грядами, которые разделены волнистыми равнинами с отдельными сопками. Обнажения коренных пород встречаются, преимущественно, по вершинам гряд и увалов, но иногда они характерны и для склонов. Выявлены три варианта экосистем в высоком мелкосопочнике, связанных с литологией пород.

В первом варианте отмечается смена петрофитных (*Orostachys spinosa*, *Cotoneaster oligantha*, *Dasiphora parviflora*, *Gypsophila patrinii*) степей на выходах коренных пород темно-серого цвета, компактнополынно-типчаково-ковыльными (*Stipa sareptana*, *S. capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia compacta*) степи по склонам сопков, холоднополынно-типчаково-ковыльными (*Stipa sareptana*, *S. lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*) по шлейфам сопков на малоразвитых и неполноразвитых светло-каштановых щебнистых почвах.

Другой набор представлен серией петрофитных (*Patrinia intermedia*, *Sedum hybridum*, *Orostachys spinosa*) степей на выходах гранитов, дерновиннозлаково-кустарниковых (*Caragana pumila*, *Spiraea hypericifolia*, *Festuca valesiaca*, *Stipa lessingiana*), холоднополынно-дерновиннозлаковых (*Stipa lessingiana*, *S. capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*), караганово-холоднополынных (*Artemisia frigida*, *Caragana pumila*) степей по склонам сопков на малоразвитых и неполноразвитых светло-каштановых щебнистых почвах.

Третий вариант включает серию петрофитных (*Patrinia intermedia*, *Potentilla acaulis*, *Orostachys spinosa*) степей на выходах песчаников, холоднополынно-типчаково-ковыльных (*Stipa capillata*, *S. sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*) на светло-каштановых щебнистых почвах ровных участков, таволговых (*Spiraea hypericifolia*) на лугово-каштановых почвах микропонижений, в сочетании с комплексом тонковатополынно-тырсовых (*Stipa capillata*, *Artemisia gracilescens*) на светло-каштановых солонцеватых почвах микроповышений и ломкоколосниковых (*Psathyrostachys juncea*) на светло-каштановых солонцеватых почвах микропонижений.

В руслах временных водотоков распределение растительности связано с микрорельефом и увлажненностью почв. На наиболее врезанных участках характерны злаковые (*Phragmites australis*) ценозы, которые по мере уменьшения влажности, сменяются разнотравно-злаковыми (*Calamagrostis epigeios*, *Hordeum brevisubulatum*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Filipendula hexapetala*), злаково-разнотравными (*Galatella biflora*, *Potentilla dealbata*, *Leymus ramosus*, *Phleum stepposa*), крупнозлаковыми (*Achnatherum splendens*, *Leymus angustus*), кустарниковыми (*Halimodendron halodendron*) лугами на почвах лугового ряда и постепенно появляются остепняющиеся участки с разнотравно-полынно-дерновиннозлаковыми (*Festuca valesiaca*, *Stipa sareptana*, *Artemisia pontica*, *Medicago falcata*, *Potentilla bifurca*) степями на остепняющихся луговых почвах.

На солончаках соровых в межсопочных понижениях характерны сарсазанники (*Halocnemum strobilaceum*), растущие кольцом вокруг сора, на самом соре изредка присутствуют единичные однолетние солянки (*Salsola soda*, *Climacoptera lanata*).

Экосистемы низкого мелкосопочника. Экосистемы низкого мелкосопочника широко распространены на всей обследуемой территории и имеют высотные отметки от 607 м до 720 м, с перепадами высот с цокольными равнинами от 20 до 150 м. Растительный покров представляют серии сообществ: петрофитных (*Orostachys spinosa*, *Patrinia intermedia*, *Potentilla acaulus*, *Veronica pinnata*); компактнополынно-типчаково-ковылково-тырсовых (*Stipa capillata*, *S. lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia compacta*); полынно-типчаково-тырсовых (*Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia gracilescens*, *A. compacta*); тасбиюргуново-биюргуново-полынными (*Artemisia gracilescens*, *A. pauciflora*, *Anabasis salsa*, *Nanophyton erinaceum*).

Экосистемы денудационных низких мелкосопочников. Основной рельеф здесь - невысокие пологие увалы и сопки, иногда с выходами коренных пород, разделенные межувальными и межсопочными слабоволнистыми равнинами. Относительное превышение над цокольными равнинами в пределах 25-80 м. Пространственное распределение экосистем здесь также связано с эдафическими условиями.

В низком мелкосопочнике с выходами коренных пород темно-серого цвета (диоритов) формируются степи с доминированием полыни компактной (*Artemisia compacta*) и тырсы (*Stipa capillata*). Растительный покров представлен серией петрофитных (*Orostachys spinosa*, *Patrinia intermedia*, *Potentilla acaulus*, *Veronica pinnata*) ценозов на выходах коренных пород, компактнополынно-типчаково-тырсовых (*Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia compacta*), карагановых (*Caragana pumila*, *C. frutex*), полынно-ковылково-тырсовых (*Stipa capillata*, *S. lessingiana*, *Artemisia marschalliana*, *A. austriaca*), ковылково-тырсово-компактнополынных (*Artemisia compacta*, *Stipa capillata*, *Stipa lessingiana*) степей по склонам на светло-каштановых щебнистых почвах.

В мелкосопочнике с выходами песчаников характерна серия петрофитных (*Ajania fruticulosa*, *Patrinia intermedia*, *Agropyron cristatum*) сообществ по вершинам, караганово-холоднополынно-тырсовых (*Stipa sareptana*, *Artemisia frigida*, *Caragana pumila*) холоднополынных (*Artemisia frigida*), таволгово-дерновиннозлаковых (*Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Spiraea hypericifolia*) по склонам на светло-каштановых щебнистых почвах.

В низком мелкосопочнике с выходами гранитов представлена серия сообществ: холоднополынно-типчаково-ковыльных (*Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*), кустарниковых (*Caragana pumila*, *Spiraea hypericifolia*), холоднополынных (*Artemisia frigida*) на светло-каштановых щебнистых почвах по склонам и шлейфам в сочетании с комплексом сообществ: тонковатополынно-ломкоколосниковых (*Psathyrostachys juncea*, *Artemisia gracilescens*) на светло-каштановых щебнистых почвах, кокпековых (*Atriplex cana*) на светло-каштановых солонцеватых, чернополынно-тасбиюргуновых (*Nanophyton erinaceum*, *Artemisia pauciflora*) на эродированных участках по ложбинам стока низких пологоувалистых мелкосопочников.

Экосистемы аккумулятивной равнины. Экосистемы аккумулятивной равнины распространены на всей северо-восточной половине и части северо-западной половины обследуемой территории, приурочены к пойме Иртыша и комплексу трех верхнечетвертичных эрозионно-аккумулятивных надпойменных террас, последняя из которых смыкается с Центрально-Казахстанским мелкосопочником.

Пространственное распределение и структура экосистем аккумулятивной равнины тесно связаны со сложением поверхности этой территории. Экосистемы первой надпойменной террасы, для которой характерен равнинный рельеф с многочисленными западинами и глубокими понижениями, вытянутыми в северо-западном направлении (направлении древнего стока реки Иртыш) характеризуются большой пестротой почвенно-растительного покрова. Вторая надпойменная терраса отличается более выровненным рельефом и более однородным почвенно-растительным покровом. Третья надпойменная терраса – пологоволнистая равнина с обширными, но неглубокими понижениями. Здесь широко распространены плакорные варианты степей.

На супесчаных и легкосуглинистых каштановых нормальных почвах приподнятых участков распространены маршалловополынно-типчаково-тырсовые (*Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia marschalliana*) степи.

С каштановыми нормальными почвами, хорошо дренируемых участков обширных понижений связаны разнотравно-дерновиннозлаковые (*Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Galatella tatarica*, *Medicago bifurca*) степи на нормальных каштановых почвах, иногда в комплексе с разнотравно-злаково-кустарниковыми (*Spiraea hypericifolia*, *Rosa acicularis*, *Festuca valesiaca*, *Bromus inermis*, *Galium ruthenicum*, *Medicago romanica*) сообществами на лугово-каштановых незасоленных почвах глубоких понижений.

На каштановых нормальных почвах ровных участков характерны полынно-типчаково-тырсовые (*Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia compacta*) степи, в комплексе с ними на каштановых солонцеватых почвах западин часто встречаются полынно-кокпековые (*Atriplex cana*, *Artemisia nitrosa*) ценозы.

На каштановых суглинистых солонцеватых почвах плакорных участков обследуемой территории преобладают сублессингианово-типчаково-ковыльковые (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia sublessingiana*) степи.

На каштановых солонцеватых почвах обширных плоских понижений встречаются ломкоколосниково-типчаково-полынные (*Artemisia gracilescens*, *Festuca valesiaca*, *Psathyrostachys juncea*) сообщества.

На солончаковатых и солончаковых почвах формируются галофитные разнотравно-злаковые сообщества, сложенные *Puccinellia dolicholepis*, *Leymus paboanus*, *L. angustus*, *Aeluropus litoralis*, *Saussurea amara*, *Limonium gmelinii*.

На обнажениях палеогеновых отложений типичны сообщества полыни малоцветковой (*Artemisia pauciflora*) и многолетних солянок: *Nanophyton erinaceum*, *Anabasis eriopoda*, *Anabasis salsa*, *Atriplex cana*, *Limonium suffruticosum*.

Интразональная древесная растительность поймы Иртыша сосредоточена в прирусловой части. На молодых формирующихся отменях со слоистым аллювием характерны разнотравно-вейниково-ивовые (*Salix pentandra*, *S. triandra*, *S. alba*, *Calamagrostis epigeios*, *Bidens tripartita*) ценозы. На пойменных лесолуговых почвах разновысоких прирусловых валов произрастает ивово-тополевый (*Populus nigra*, *P. alba*; *Salix alba*; *Rhamnus cathartica*; *Rosa pisiformis*) лес. На аллювиально-луговых почв ровных участков прирусловой поймы распространены мезофитно-кустарниковые ценозы из шиповников (*Rosa pisiformis*, *R. acicularis*, *R. spinosissima*), жимолости (*Lonicera tatarica*), боярышника (*Crataegus sanguinea*), иногда с участием ежевики (*Rubus caesius*). На аллювиально-луговых обсыхающих почвах более высоких уровней поймы из деревьев чаще встречается единичный лох (*Elaeagnus oxycarpa*) и из кустарников чингильники (*Halimodendron halodendron*).

Интразональная луговая растительность поймы Иртыша очень динамична, ее пространственное распределение связано с быстро меняющимися экологическими условиями в пойме.

Луга представлены вариантами болотистых (*Phalaroides arundinacea*, *Carex acuta*, *Cirsium incana*, *Lathyrus pratensis*, *Veronica longifolia*) на почвах болотного ряда, настоящих (*Elytrigia repens*, *Bromopsis inermis*, *Alopecurus pratensis*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Ptarmica cartilaginea*, *Poa pratensis*) на аллювиально-луговых незасоленных почвах, галофитных (*Puccinellia distans*, *Leymus paboanus*, *Artemisia nitrosa*, *Limonium gmelinii*, *Plantago salsa*) на луговых солончаковых почвах и остепненных лугов (*Carex praecox*, *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Agrostis tenuis*, *Centaurea adpressa*, *Artemisia pontica*, *Leymus ramosus*) на луговых остепняющихся почвах.

Интразональная кустарниковая растительность небольших водотоков представлена, в основном, чингильником (*Halimodendron halodendron*), а луговая растительность, преимущественно, галофитными вариантами лугов (*Pragmites australis*, *Puccinellia distans*, *Achnatherum splendens*, *Leymus angustus*, *Plantago salsa*, *Limonium gmelinii*, *Artemisia schrenkiana*) на луговых солончаках.

Для аккумулятивной равнины северо-восточной и части северо-западной половины обследуемой территории в среднем отмечается высокая продуктивность растительного покрова – не ниже 1,5 ц/га и до 4,7 ц/га.

Экосистемы делювиально-пролювиальных равнин. Экосистемы делювиально-пролювиальных равнин с высотными отметками от 580-660 м представлены растительным покровом из групп сообществ: холоднопопынно-типчаково-тырсовых (*Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*, *Galatella tatarica*, *Ephedra distachya*), компактнопопынно-типчаково-тырсиковых (*Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia compacta*), сублессингиановопынно-типчаково-тырсиковых (*Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia sublessingiana*) с участием караганы (*Caragana pumila*) и таволги (*Spiraea hypericifolia*). Рельеф делювиально-пролювиальных равнин – пологоволнистая поверхность с редкими невысокими сопками округлых очертаний. Растительный покров представлен, в основном, тремя группами сочетаний, связанных, преимущественно, с эдафическими вариантами. Основные площади на каштановых щебнистых почвах обширных межсочных равнин заняты холоднопопынно-типчаково-тырсиковыми (*Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*) степями. К равнинам у гранитных мелкопочников приурочены компактнопопынно-типчаково-тырсиковые (*Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia compacta*) на приподнятых участках в сочетании с холоднопопынно-тырсиково-типчаковыми (*Festuca valesiaca*, *Stipa sareptana*, *Artemisia frigida*) на светло-каштановых нормальных почвах ровных участков и разнотравно-типчаково-таволгово-карагановыми (*Caragana pumila*, *Spiraea hypericifolia*, *Festuca valesiaca*, *Galium ruthenicum*, *Potentilla bifurca*) на лугово-каштановых почвах микропонижений. На более нарушенных участках характерно сочетание холоднопопынно-типчаково-тырсиковых (*Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia frigida*) на нормальных светло-каштановых почвах по ровным участкам, австрийскопопынно-холодно-попынных (*Artemisia frigida*, *A. austriaca*) на сильно щебнистых среденарушенных светло-каштановых почвах плоских микроповышений в комплексе с бюргуново-ломкоколосниковыми (*Psathyrostachys juncea*, *Anabasis salsa*) на светло-каштановых солонцеватых участках по микропонижениям.

Экосистемы аллювиальных равнин. Рельеф аллювиальных равнин – пологонаклонные слабоволнистые равнины с общим уклоном в сторону водотоков. Выделяются два вида аллювиальных равнин: древнеаллювиальные равнины и современные аллювиальные равнины, приуроченные к долинам постоянно действующих и временных водотоков, а также озерных впадин.

На древнеаллювиальной равнине выделяются четыре группы экосистем, связанные с эдафическими условиями: холоднопопынно-дерновиннозлаковые (*Stipa capillata*, *Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Cleistogenes squarrosa*, *Artemisia frigida*) степи на сильно щебнистых светло-каштановых почвах; маршалловопопынно-типчаково-ковыльные (*Stipa capillata*, *S. sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia marschalliana*) степи, иногда с участием таволги (*Spiraea hypericifolia*), на супесчаных светло-каштановых почвах; тонковатопынно-типчаково-ковыльные (*Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia gracilescens*), иногда с участием караганы (*Caragana pumila*), на светло-каштановых легкосуглинистых почвах древнеаллювиальной равнины и сублессингиановопынно-типчаково-ковыльные (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia sublessingiana*) степи на карбонатных светло-каштановых почвах, иногда в комплексе с ломкоколосниково-тонковатопынными (*Artemisia gracilescens*, *Psathyrostachys juncea*) на солонцеватых светло-каштановых почвах.

Растительный покров долин действующих водотоков можно представить в виде микропоясного ряда сообществ: осоково-злаковых (*Phragmites australis*, *Carex riparia*), иногда с ивой (*Salix cinerea*); злаковых (*Calamagrostis pseudophragmites*, *Dischampsia cespitosa*, *Alopecurus arundinacea*); разнотравно-злаковых (*Bromus inermis*, *Elytrigia repens*, *Geranium collinum*, *Lathyrus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*), иногда с шиповником (*Rosa cinamomea*); злаково-разнотравных (*Leumus ramosus*, *Calamagrostis epigeios*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Galatella biflora*, *Thalictrum flavum*), иногда с жимолостью (*Lonicera tatarica*); крупнозлаковых (*Achnatherum splendens*, *Leymus angustus*); кустарниковых (*Halimodendron halodendron*, *Spiraea hypericifolia*, *Caragana pumila*) на почвах лугового ряда; опынно-дерновиннозлаковых (*Festuca valesiaca*, *Stipa capillata*, *Poa*

stepposa, *Artemisia pontica*, *A. dracunculus*, *A. marschalliana*), иногда с шиповником (*Rosa spinosissima*) на остепняющихся луговых почвах в долинах рек (Шаган, Ащису, Узунбулак).

В долинах пересыхающих, временных водотоков типичен следующий микропоясной ряд сообществ: злаковых (*Phragmites australis*); разнотравно-злаковых (*Calamagrostis epigeios*, *Hordeum brevisubulatum*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Filipendula hexapetala*); злаково-разнотравных (*Galatella biflora*, *Potentilla dealbata*, *Leymus ramosus*, *Phleum stepposa*); крупнозлаковых (*Achnatherum splendens*, *Leymus angustus*); кустарниковых (*Halimodendron halodendron*) на почвах лугового ряда; разнотравно-полынно-дерновиннозлаковых (*Festuca valesiaca*, *Stipa sareptana*, *Artemisia pontica*, *Medicago falcata*, *Potentilla bifurca*) на остепняющихся луговых почвах.

В периодически пересыхающих озерных впадинах характерен микропоясной ряд сообществ: однолетнесолянковых (*Salicornia europaea*, *Suaeda prostrata*); галофитнозлаковых (*Aeluropus litoralis*, *Puccinellia dolicholepis*, *Leymus paboanus*); галофитно-разнотравных (*Plantago salsa*, *Saussurea salsa*, *Rumex marschallianus*, *Glaux maritime*, *Limonium gmelinii*); галофитнополынных (*Artemisia schrenkiana*, *A. nitrosa*); галофитнополукустарничковых (*Halimione verrucifera*, *Camphorosma monspeliaca*, *Limonium suffruticosum*); галофитнокустарниковых (*Atriplex cana*, *Suaeda physophora*, *Nitraria sibirica*, *Tamarix hispida*) на солончаковых и солонцеватых почвах лугового ряда; полынно-дерновиннозлаковых (*Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*, *Psathyrostachys junceum*, *Artemisia gracilescens*, *A. frigida*) на остепняющихся луговых почвах в сочетании с комплексом чернополынно-биюргуново-тасбиюргуновых (*Nanophyton erinaceum*, *Anabasis salsa*, *Artemisia pauciflora*) на эродированных солонцеватых почвах.

В южной части экосистемы аллювиальных равнин представлены долиной реки Сарыузын с протоками Былкылдак, Узунбулак, Киикбай, берущими начало в горах Муржик и долинами рек Итияк, Карасу. Долина реки Сарыузын имеет уклон с запада на восток от 660 м до 490 м, направление с запада на восток и перед горами Аркалык круто поворачивает на северо-восток. Направление с юга на север у протоков Итияк, Карасу, которые заканчиваются солеными озерами. Растительный покров аллювиальных долин меняется в зависимости от окружающей территории. На сравнительно небольших участках в Муржике характерны микропоясные ряды сообществ с преобладанием: разнотравно-кострецово-вейниковых (*Calamagrostis epigeios*, *Bromopsis inermis*, *Sanguisorba officinalis*, *Thalictrum flavum*) → злаково-разнотравных (*Galatella biflora*, *Achillea asiatica*, *Iris sibirica*, *Elytrigia repens*, *Leymus ramosus*) → кустарниковых (*Halimodendron halodendron*, *Salix cinerea*, *Rosa laxa*) → разнотравно-полынно-дерновиннозлаковых (*Festuca valesiaca*, *Stipa sareptana*, *Artemisia pontica*, *Medicago falcata*, *Potentilla bifurca*). На равнине растительный покров аллювиальной долины представлен следующим микропоясным рядом сообществ с преобладанием: разнотравно-тростниковых (*Phragmites australis*, *Lactuca tatarica*, *Glaux maritima*) → галофитных разнотравно-злаковых (*Aeluropus littoralis*, *Puccinellia dolicholepis*, *Limonium gmelinii*, *Erigeron canadensis*) → чингилово-чиевых (*Achnatherum splendens*, *Halimodendron halodendron*) → камфоросмово-кокпекковых (*Atriplex cana*, *Camphorosma monspeliaca*).

Экосистемы глубоких понижений. Понижения заняты пересыхающими, частично или совсем до дна в летний период, озерами, которые представляют собой соры. Почвы засолены. В основном это соровые солончаки, которые заняты сарсазановыми (*Halocnemum strobilaceum*) сообществами или луговые солонцеватые и солончаковатые по береговой полосе под галимионовыми (*Halimione verrucifera*) - камфоросмовыми (*Camphorosma monspeliaca*) - шренковско-полынными (*Artemisia schrenkiana*) сообществами. Продуктивность растительного покрова глубоких понижений в среднем не превышает 0,2 ц/га.

Экосистемы низкогогорья. Экосистемы низкогогорья представлены сериями сообществ: петрофитноразнотравных (*Orostachys spinosa*, *Sedum hybridum*, *Patrinia intermedia*, *Gypsophila patrinii*, *Veronica pinnata*, *Potentilla acaulis*, *Artemisia obtusiloba*, *A. latifolia*); петрофитнокустарниковых (*Rosa spinosissima*, *Spiraea trilobata*, *Lonicera microphylla*, *Cotoneaster melanocarpa*, *Pentaphylloides parvifolia*, *Berberis sibirica*); можжевельниковых (*Juniperus sabina*); кустарниково-полынно-петрофитноразнотравных (*Potentilla acaulis*, *Patrinia intermedia*,

Orostachys spinosa, *Sedum hybridum*, *Gypsophila patrinii*, *Artemisia frigida*, *A. obtusiloba*, *Caragana pumila*, *Spiraea hypericifolia*); полынно-типчаково-ковыльных (*Stipa capillata*, *S. kirghisorum*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia marshalliana*, *A. frigida*) с участием кустарников (*Caragana pumila*, *Spiraea hypericifolia*).

Экосистемы соров. Соры приурочены к отрицательным формам рельефа. Они являются местами аккумуляции солей с прилегающей территории. Растительность соров представлена обычно кольцом сарсазанника (*Halocnemum strobilaceum*) вокруг сора, иногда с участием единичных однолетних солянок (*Climacoptera lanata*, *Salsola nitrara*). На самом соре растительность отсутствует.

Экосистемы антропогеннонарушенных территорий. Здесь выделены два типа экосистем: житняковые залежи и антропогеннонарушенные экосистемы, сформировавшиеся в результате перевыпаса (зимовки) и техногенного происхождения (отвалы, карьеры и т.д.). Растительный покров, в основном, находится на начальных и средних стадиях восстановления естественного растительного покрова и представлен группировками с доминированием адвентивных и рудеральных видов: *Chenopodium album*, *Ceratocarpus utriculosus*, *Vexibia alopecuroides*, *Kochia scoparia*, *Artemisia austriaca*, *A. scoparia*, *A. sieversiana*. Растительность житняковых залежей представляет собой убедительную демонстрацию способа восстановления естественной степной растительности с применением житняка: в составе житняковых (*Agropyron cristatum*) ценозов значительна доля степных видов: (*Artemisia austriaca*, *Festuca valesiaca*, *Galatella tatarica*, *Stipa capillata*, *Koeleria cristata*), но встречаются однолетние (*Lactuca serriola*) и многолетние (*Convolvulus arvensis*) сорные виды.

Антропогеннопроизводные экосистемы. Антропогеннопроизводные экосистемы на обследуемой территории представлены нарушенной растительностью у зимовок. Это группировки с участием полыни австрийской (*Artemisia austriaca*), полыни веничной (*Artemisia scoparia*), брунца (*Vexibia alopecuroides*), кохии веничной (*Kochia scoparia*), кохии Сиверса (*Kochia sieversiana*), мари белой (*Chenopodium album*), климакоптеры ресничатой (*Climacoptera brachiata*), эбелека (*Ceratocarpus arenarius*).

1.3.6 Животный мир (фауна)

Фауна позвоночных и беспозвоночных животных территории СИП достаточно 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.

Проводимые в ходе полевых работ наблюдения, а также анализ литературных материалов [29, 30; 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41] позволили установить, что фауна позвоночных животных обследуемой территории состоит из 199 видов, в том числе птиц – 147, млекопитающих – 45, пресмыкающихся – 7. В красные книги Международного союза охраны природы и Казахстана внесены 16 видов.

Ихтиофауна. Ихтиофауна на обследуемой территории, обитает, в основном, в реках Шаган и Ащису, «Атомном озере», ручьях горного массива Дегелен, а также в многочисленных соленых озерах. Она представлена 10-ю видами костных рыб (из 104 обитающих в Казахстане). Наиболее многочисленны представители отряда карпообразных – 9 видов. Отряд окунеобразных представлен одним видом.

Класс Пресмыкающиеся. Пресмыкающиеся на обследуемой территории СИП представлены 7 видами (в Казахстане 49 видов). Наиболее многочисленны представители подотряда ящериц – такырная круглоголовка, разноцветная ящурка и прыткая ящерица, плотность заселения которых может достигать значительных величин. Подотряд змей представлен 4 видами, самый распространенный и массовый из них узорчатый полоз, остальные 3 довольно редки и малочисленны [40].

Класс Земноводные. Земноводные представлены двумя видами – зеленая жаба (*Bufo viridis*), и остромордая лягушка (*Rana arvalis*). Оба вида зафиксированы на территории горного массива Дегелен.

Класс Птицы. Орнитофауна обследуемой территории СИП чрезвычайно многообразна, здесь встречаются 147 видов птиц из 15 отрядов (всего в Казахстане 488 видов птиц). Наиболее разнообразно представлены околоводные птицы. По берегам рек и озер обитают и гнездятся гусеобразные – 13 видов; ржанкообразные – 23 вида. Много также и мелких воробьиных птиц – 51. Представителей отряда дневных хищников (соколообразных) – 19 видов. Велико число редких и охраняемых птиц, в Красную книгу Казахстана занесено 14 видов [29, 33, 42, 43, 44].

Класс Млекопитающие. Из 178 видов млекопитающих, обитающих на территории Казахстана, на территории СИП встречается 45 видов из 6 отрядов. Большинство видов принадлежит отряду грызунов. В Красную книгу Казахстана занесено два вида – перевязка (*Vormela peregusna*) из отряда хищных и архар (*Ovis ammon*) из отряда парнокопытных [43, 33, 37].

В ходе выполнения полевых работ на территории СИП зафиксировано наличие 5-и видов млекопитающих, относящихся к объектам промысловой и любительской охоты. Это заяц русак (*Lepus europaeus*), обыкновенный барсук (*Meles meles*), обыкновенная лисица (*Vulpes vulpes*), сибирская косуля (*Capreolus pygargus*), лось европейский (*Alces alces*). Также зафиксировано 8 видов птиц, являющихся объектами промысловой и любительской охоты. Это тетерев (*Lururus tetrix*), серая куропатка (*Perdix perdix*), серый гусь (*Anser anser*), кряква (*Anas platyrhynchos*), чирок-свиистунок (*A. crecca*), серая утка (*A. strepera*), шилохвость (*A. acuta*), широконоска (*A. clupeata*). Отмечена достаточно большая численность сайги (*Saiga tatarica*), отнесенной Международным союзом охраны природы к категории CR (находящийся в критическом состоянии). Отдельные группы этих животных превышали 700-800 голов. Также встречаются внесенные в красные книги МСОП и Казахстана архары (*Ovis ammon*). В пределах площадки «Дегелен» фиксировалось до 54 особей этого животного за один полевой выезд.

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 [45]. 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 Закону Республики Казахстан «Об использовании атомной энергии» и Закону Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях» [46, 47]. 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 [48].

С целью обеспечения лицензионных требований и радиационной безопасности, при проведении хозяйственной деятельности на полигоне, проводятся радиационный контроль и мониторинг. В зависимости от специфики деятельности предприятий, а также с учетом потенциальных источников радиоактивного загрязнения, разрабатывается специальная программа радиационного контроля и мониторинга для определения контролируемых параметров, объемов полевых работ, лабораторных анализов и периодичности мониторинга.

В настоящее время санкционированная хозяйственная деятельность на территории полигона ведется различными компаниями, согласно лицензиям выданным уполномоченным органом.

1.5 ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

Объектами историко-культурного наследия являются недвижимые объекты со связанными с ними произведениями живописи, скульптуры, прикладного искусства, науки, техники и иными предметами материальной культуры, возникшими в результате исторических процессов и событий, представляющих собой интерес с точки зрения истории, археологии, архитектуры, градостроительства, искусства, науки, техники, эстетики, этнологии, антропологии, социальной культуры [49].

Согласно Постановлению акимата области Абай от 20 марта 2023 года № 58 «Об утверждении Государственного списка памятников истории и культуры местного значения», Постановлению акимата Павлодарской области от 19 мая 2020 года №106/2 «Об утверждении государственного списка памятников истории и культуры местного значения Павлодарской области», и Постановлению акимата Карагандинской области от 17 ноября 2020 года №73/01 памятники истории и культуры государственного и местного значения на территории СИП отсутствуют [50, 51, 52].

1.6 НАЛИЧИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

К землям особо охраняемых природных территорий относятся земли государственных природных заповедников, государственных национальных природных парков, государственных природных резерватов, государственных региональных природных парков, государственных зоологических парков, государственных ботанических садов, государственных дендрологических парков и государственных памятников природы [53].

Согласно Постановления Правительства Республики Казахстан от 26 сентября 2017 года №593 «Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий республиканского значения» на обследуемом земельном участке особо охраняемые территории отсутствуют [54].

2. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

Оценка радиационного состояния окружающей среды территории СИП проводилась на основе результатов комплексного экологического обследования территории полигона, выполненного Республиканским Государственным Предприятием «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» в 2008-2021 гг. в рамках Республиканской бюджетной программы «Развитие атомных и энергетических проектов» [55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68].

Оценка радиационного состояния окружающей среды в районе обследования проводилась по следующим параметрам:

1. оценка радиационного состояния почвенного покрова.
2. оценка радиационного состояния поверхностных и подземных вод.
3. оценка радиационного состояния атмосферного воздуха.
4. оценка радиационного состояния растительного мира.
5. оценка радиационного состояния животного мира.
6. оценка радиационного состояния растениеводческой и животноводческой продукции, производимой в районе обследования.

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 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 [2, 69]. Проба отбиралась с площади 100 см^2 ($10\times 10\text{ см}$).

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 радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова

2.1.1.1. Определение удельной активности ^{137}Cs

Для определения удельной активности ^{137}Cs произведен отбор проб верхнего слоя почвы.

На рисунке (Рисунок 11) показана схема расположения точек, в которых были отобраны пробы почвы.

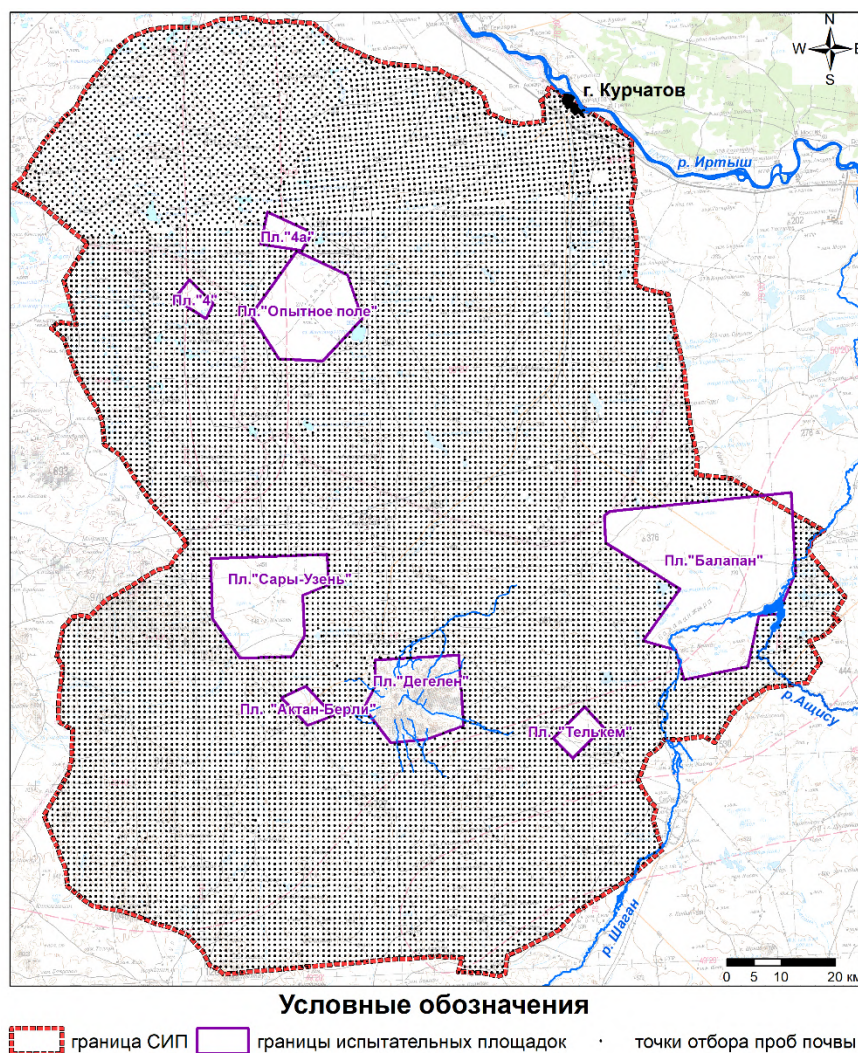


Рисунок 11. Схема расположения точек отбора проб почвы для определения удельной активности радионуклида ^{137}Cs

Схема расположения точек отбора проб почвы нанесена на топографическую карту М-43-ХVIII масштаба 1:500000.

Точки отбора проб почвы были распределены равномерно по обследуемому земельному участку по сети 1×1 км. Всего было отобрано 16574 пробы почвы.

Определение удельной активности ^{137}Cs в верхнем слое почвенного покрова выполнялось в соответствии с методиками выполнения лабораторных исследований, представленными в приложении (Приложение 3).

Результаты определения удельной активности ^{137}Cs представлены в приложении (Приложение 4). В связи с тем, что для оценки радиационного состояния почвы использовались данные по содержанию радионуклида ^{137}Cs в верхнем слое почвенного покрова, полученные за весь период проведения комплексного экологического обследования территории СИП с 2008 по 2021 гг., результаты лабораторных анализов пересчитаны на 01.01.2024 г. с учетом периода полураспада данного радионуклида [70].

Удельная активность ^{137}Cs в почве варьирует от нижнего предела обнаружения (0,3 Бк/кг) до 1294 Бк/кг. По полученным данным построена карта распределения удельной активности ^{137}Cs на территории СИП (Рисунок 12).

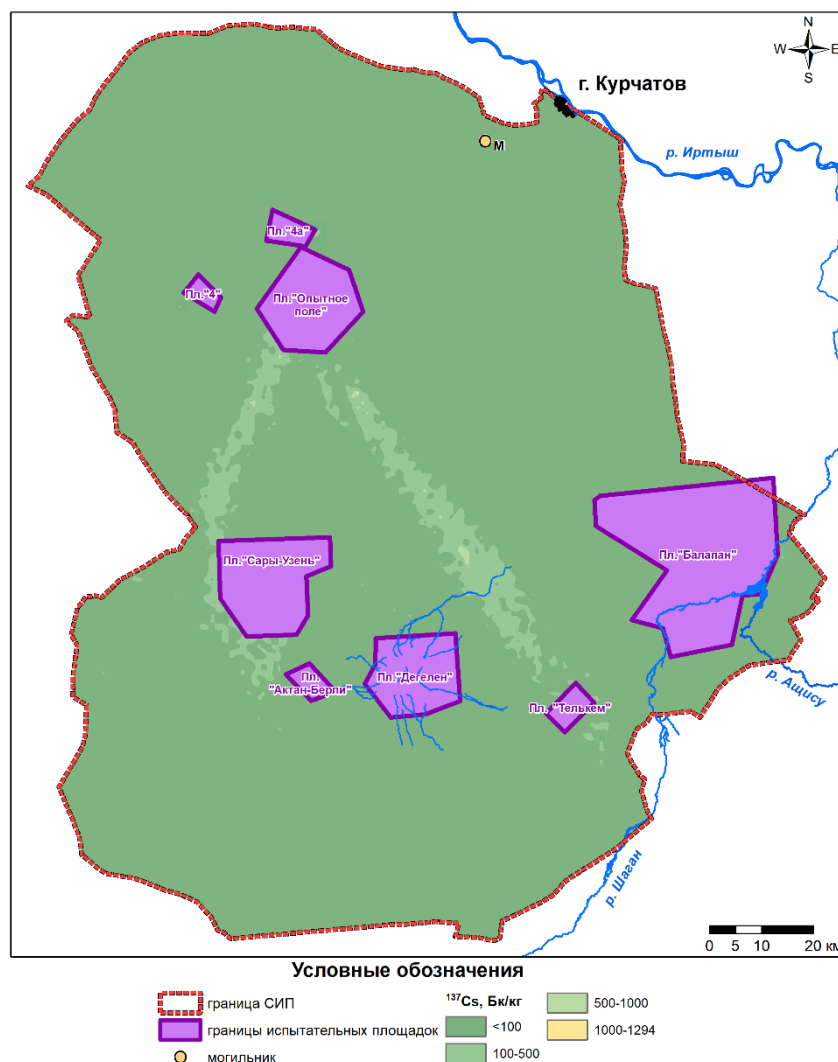


Рисунок 12. Карта распределения удельной активности ^{137}Cs

По карте распределения удельной активности ^{137}Cs (Рисунок 12) установлено, что содержание ^{137}Cs во всех точках обследования не превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (10000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ^{137}Cs [71].

Из рисунка (Рисунок 12) видно, что на большей части территории СИП удельная активность ^{137}Cs не превышает значение 100 Бк/кг.

При этом, на СИП имеются две полосы, протянувшиеся от площадки «Опытное поле» в юго-восточном и южном направлениях до границы, где зафиксированы повышенные, относительно всей территории, значения удельной активности ^{137}Cs , изменяющиеся в диапазоне от 100 до 1294 Бк/кг. Данные области повышенных значений удельной активности ^{137}Cs образованы радиоактивными выпадениями от ядерных испытаний, проведенных на площадке «Опытное поле» 24.09.1951 г. (1951 г.) и 12.08.1953 г. (1953 г.) (Рисунок 13).

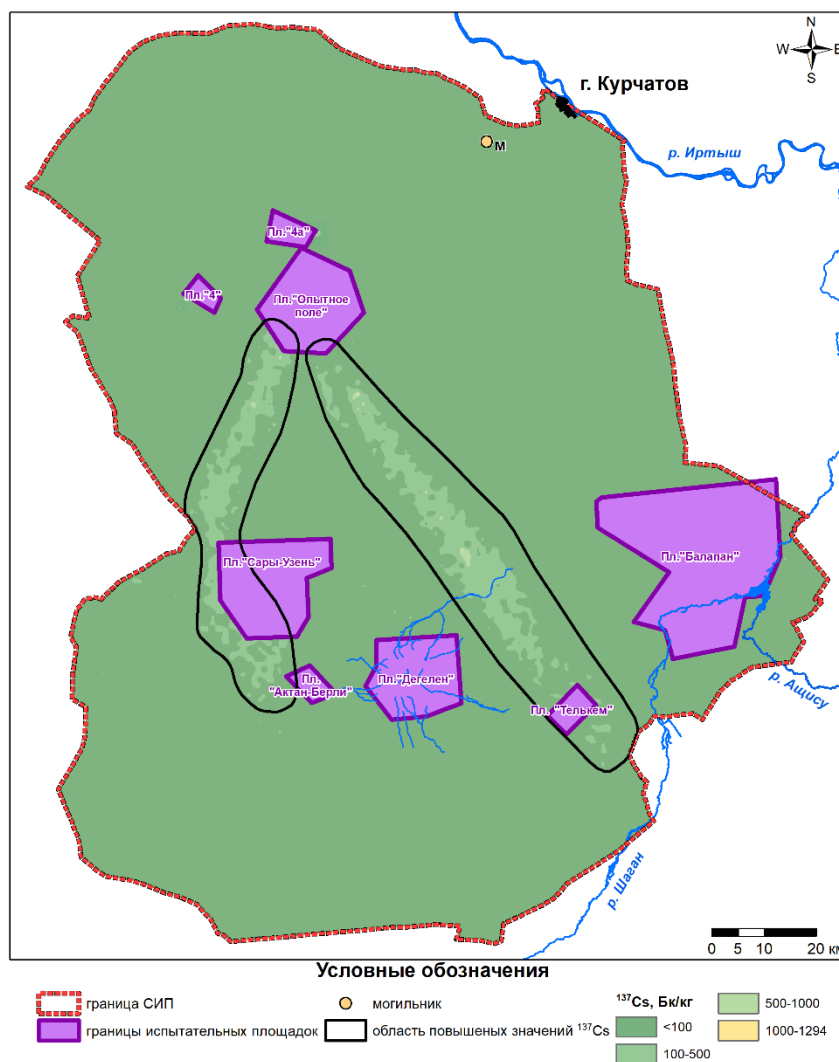


Рисунок 13. Область повышенных значений удельной активности радионуклида ^{137}Cs

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 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 [70].

Для каждого отдельного ядерного взрыва значение соотношения активности $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ будет стабильным. Если на местности имеется один след радиоактивных выпадений, то значение соотношения активности $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ будет одинаковым по всей площади следа. Если на местности имеется несколько следов радиоактивных выпадений, то для каждого следа будет свое значение соотношений активности $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$.

Таким образом, удельная активность ^{90}Sr на территории СИП рассчитывалась по формуле:

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

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 на СИП были выбраны точки, на которых выполнен отбор проб почвы и в них определена удельная активность ^{90}Sr и ^{137}Cs . После чего рассчитывалось значение соотношения удельных активностей $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$, т.е. коэффициент K_{fp} .

Точки отбора проб почвы располагались: 1) в области повышенных значений ^{137}Cs (следы радиоактивных выпадений от испытаний ядерного оружия, проведенных на площадке «Опытное поле» в 1951 и 1953 гг.); 2) на остальной части территории СИП. Схема расположения точек отбора проб почвы представлена на рисунке (Рисунок 14).

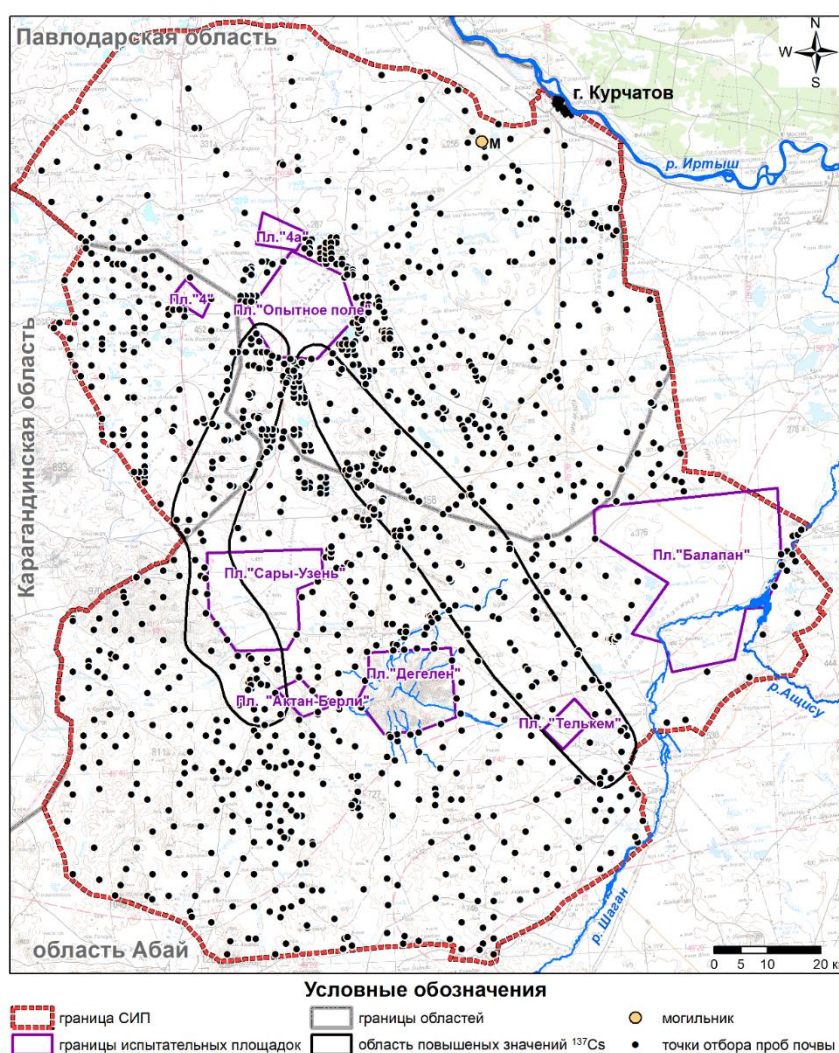


Рисунок 14. Схема расположения точек отбора проб почвы для определения удельной активности радионуклида ^{90}Sr

Схема расположения точек отбора проб почвы нанесена на топографическую карту М-43-ХVIII масштаба 1:500000. Всего проанализировано 1694 пробы почвы, что составляет 10% от общего количества отобранных проб верхнего слоя почвенного покрова [2].

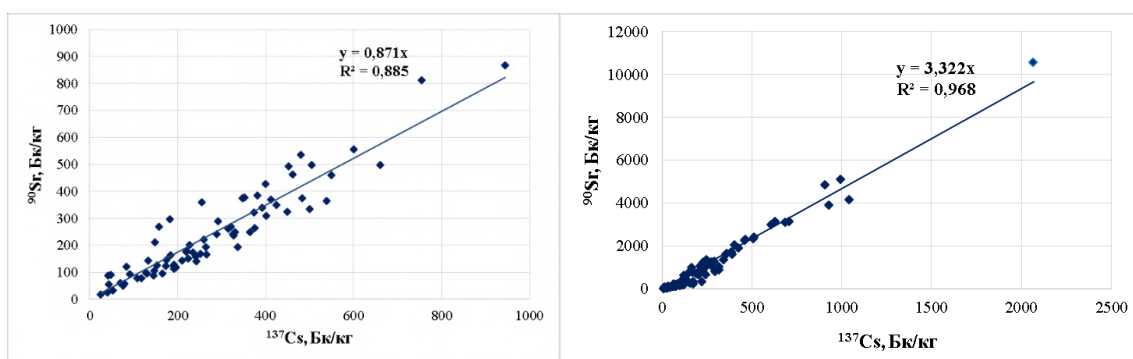
Определение удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в верхнем слое почвенного покрова выполнялось в соответствии с методиками выполнения лабораторных исследований, представленными в приложении (Приложение 3).

Также на территории СИП выявлены участки с повышенным содержанием ^{90}Sr вблизи испытательных площадок «4» и «4а». Значения удельной активности на данных участках вблизи площадок «4» и «4а» достигают значений $3,42 \times 10^6$ и $5,06 \times 10^6$ Бк/кг, соответственно.

Результаты определения удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr представлены в приложении (Приложение 5). Значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr пересчитаны на 01.01.2024 г., с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70].

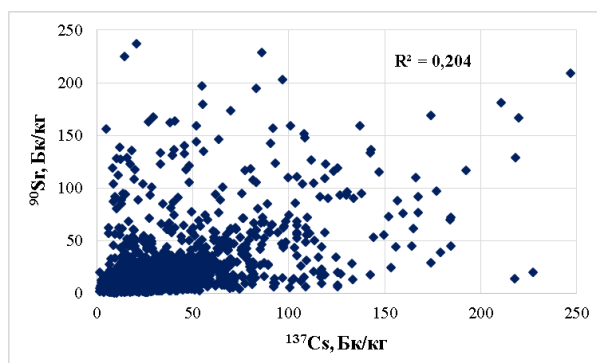
По полученным значениям удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr рассчитаны коэффициенты $K_{\text{гр}}$.

Среднее значение отношения удельной активности ^{90}Sr к ^{137}Cs в двух областях повышенных значений ^{137}Cs составляет 0,9 (след радиоактивных выпадений 1951 г.) и 3,32 (след радиоактивных выпадений 1953 г.). Соотношение $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ на остальной части территории СИП равно 1. Для подтверждения корреляционной зависимости отношения ^{90}Sr к ^{137}Cs построены графики (Рисунок 15).



следы радиоактивных выпадений от ядерных испытаний,
проведенных на площадке «Опытное поле»:
1951 г. 1953 г.

а) область повышенных значений ^{137}Cs



б) остальная часть территории СИП

Рисунок 15. Соотношения удельной активности ^{90}Sr к ^{137}Cs

Из рисунка (Рисунок 15) видно, что в области повышенных значений ^{137}Cs значения соотношения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ имеют хорошую сходимость со средним значением, что подтверждает величина достоверной аппроксимации $R^2 = 0,89$, $R^2 = 0,97$. В отношении остальной части территории СИП распределение значений соотношения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ не имеет четкой зависимости ($R^2=0,21$), такая ситуация характерна для участков с низкими значениями удельной активности радионуклидов в почве.

Для расчета удельной активности ^{90}Sr на территории СИП были взяты средние значения коэффициентов $K_{\text{фр}}$:

- область повышенных значений ^{137}Cs (след радиоактивных выпадений от испытания ядерного оружия, проведенного на площадке «Опытное поле» в 1951 г.) – 0,9;
- область повышенных значений ^{137}Cs (след радиоактивных выпадений от испытания ядерного оружия, проведенного на площадке «Опытное поле» в 1953 г.) – 3,3;
- вблизи площадки «4» – 2103;
- вблизи площадки «4а» – 5286;
- остальная часть территории СИП – 1,0.

Высокие значений соотношения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ вблизи площадок «4» и «4а», на которых проводились испытания боевых радиоактивных веществ (БРВ) [72], объясняются спецификой проведения испытаний: на данных площадках проводились эксперименты по распылению жидких или порошкообразных радиоактивных рецептур, содержащих различные радионуклиды, среди которых доминирующим радионуклидом был ^{90}Sr . На остальной территории СИП радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды сформировано радионуклидами ^{90}Sr и ^{137}Cs , образовавшимися в процессе деления материала ядерного заряда во время проведения ядерных испытаний и входящими в состав локальных и глобальных выпадений.

Удельная активность ^{90}Sr в почве варьирует от 0,2 Бк/кг до 5066711 Бк/кг. Результаты определения удельной активности ^{90}Sr представлены в приложении (Приложение 6).

По полученным данным построена карта распределения удельной активности ^{90}Sr (Рисунок 16).

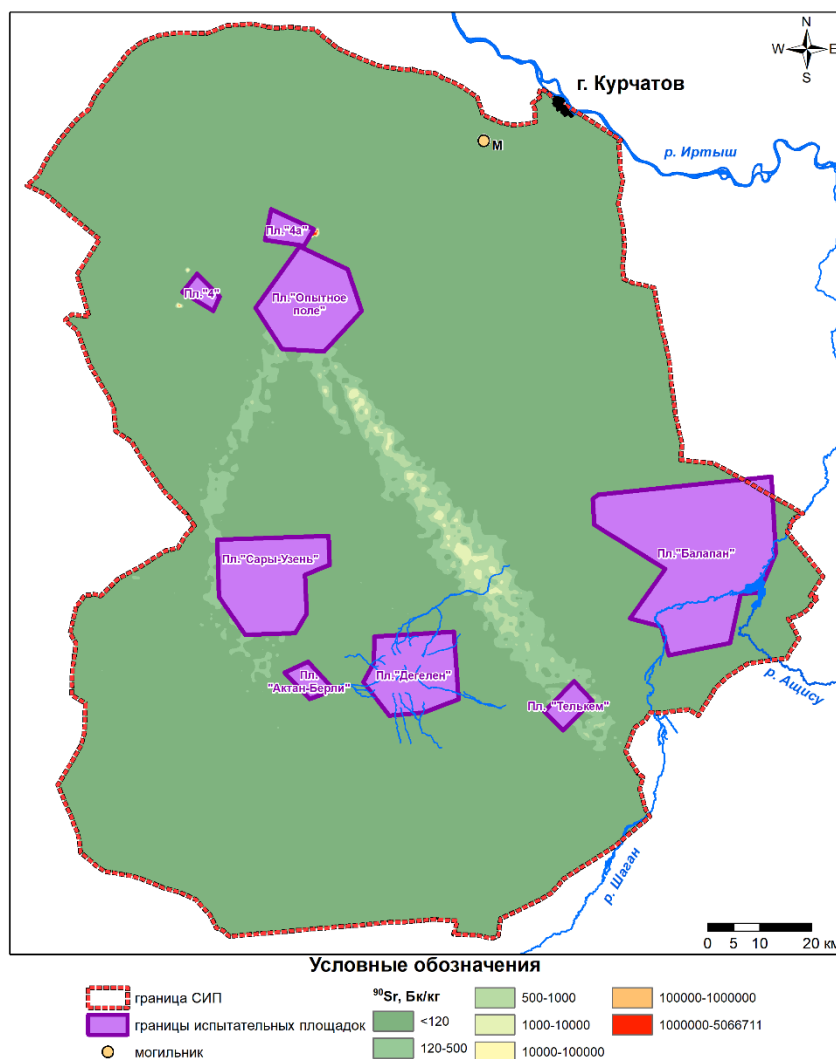


Рисунок 16. Карта распределения удельной активности ^{90}Sr

Анализ данных (Рисунок 16, приложение 6) показал, что вблизи площадок «4» и «4а» имеются участки, на которых содержание ^{90}Sr достигает 5066711 Бк/кг и превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (100000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ^{90}Sr [71]. Также из рисунка (Рисунок 16) видно, что на большей части обследуемого участка удельная активность ^{90}Sr не превышает значение 120 Бк/кг.

При этом, на СИП имеются две полосы, протянувшиеся от площадки «Опытное поле» в юго-восточном и южном направлениях до границы, где зафиксированы повышенные, относительно всей территории, значения удельной активности ^{90}Sr , изменяющиеся в диапазоне от 120 до 4749 Бк/кг. Данные области повышенных значений удельной активности ^{90}Sr образованы радиоактивными выпадениями от ядерных испытаний, проведенных на площадке «Опытное поле» (Рисунок 17).

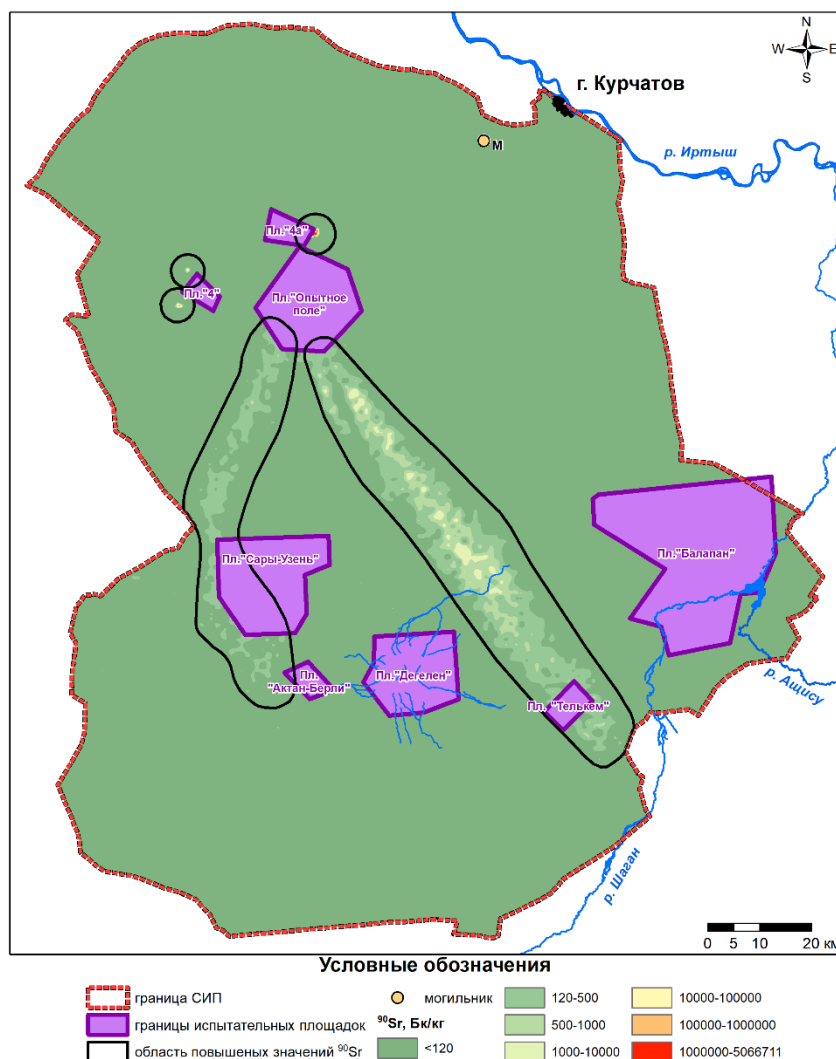


Рисунок 17. Область повышенных значений удельной активности радионуклида ^{90}Sr

2.1.1.2. Определение удельной активности радионуклида ^{241}Am

Для определения удельной активности ^{241}Am произведен отбор проб верхнего слоя почвенного покрова. Определение удельной активности радионуклида ^{241}Am проводилось в тех же точках, где определялась удельная активность ^{137}Cs (Рисунок 11).

Определение удельной активности ^{241}Am в почве выполнялось в соответствии с методиками выполнения лабораторных исследований, представленными в приложении (Приложение 3).

Значения удельной активности ^{241}Am пересчитаны на 01.01.2024 г., с учетом периода полураспада данного радионуклида [70].

Удельная активность ^{241}Am в почве варьирует от нижнего предела обнаружения (0,1 Бк/кг) до 4175 Бк/кг. Результаты определения удельной активности ^{241}Am представлены в приложении (Приложение 4).

По полученным данным построена карта распределения удельной активности ^{241}Am (Рисунок 18).

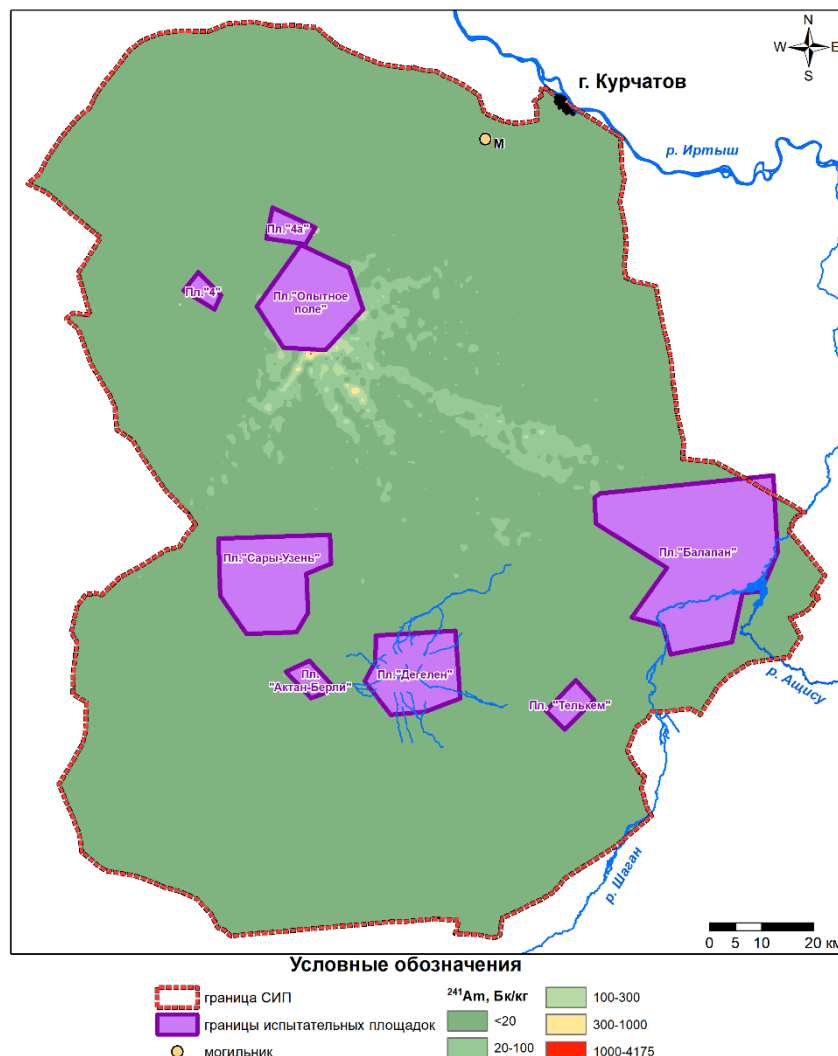


Рисунок 18. Карта распределения удельной активности ^{241}Am

Анализ данных (Рисунок 18, приложение 4) показал, что удельная активность ^{241}Am в двух точках на участках, расположенных вблизи площадок «4» и «4а», а также в одной точке вблизи южной границы площадки «Опытное поле» превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (1000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ^{241}Am [71]. В остальных точках обследования превышения нормативных значений для ^{241}Am , согласно Гигиеническим нормативам, не зафиксировано [71].

Из рисунка (Рисунок 18) видно, что на большей части территории СИП удельная активность ^{241}Am не превышает значение 20 Бк/кг.

Высокие значения удельной активности ^{241}Am вблизи площадок «4» и «4а», достигающие 4175 Бк/кг, объясняются спецификой проведения испытаний БРВ.

В центральной части СИП имеется область, где зафиксированы повышенные, относительно всей территории, значения удельной активности ^{241}Am , изменяющиеся в диапазоне от 20 до 1191

Бк/кг. Данные области повышенных значений удельной активности ^{241}Am образованы радиоактивными выпадениями от ядерных испытаний, проведенных на площадке «Опытное поле» (Рисунок 19).

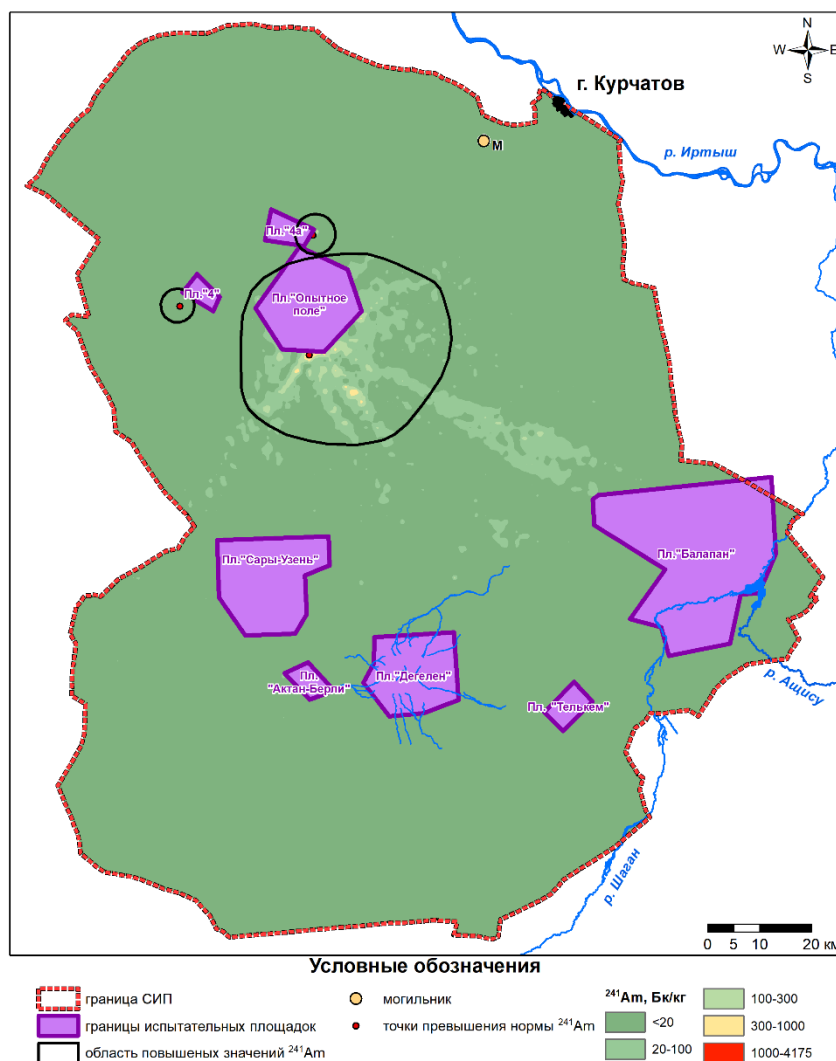


Рисунок 19. Область повышенных значений удельной активности радионуклида ^{241}Am

2.1.1.4. 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 $^{239+240}\text{Pu}$.

Для каждого отдельного ядерного взрыва значение соотношения активности $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ будет стабильным. Если на местности имеется один след радиоактивных выпадений, то значение соотношения активности $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ будет одинаковым по всей площади следа. Если на местности имеется несколько следов радиоактивных выпадений, то для каждого следа будет свое значение отношений активности $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$.

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_{nm} определялся экспериментальным путем. Для этого на территории СИП были 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} .

Точки отбора проб почвы располагались:

- 1) в области повышенных значений ^{241}Am ;
- 2) на остальной части территории СИП.

Схема расположения точек отбора проб почвы представлена на рисунке (Рисунок 20).

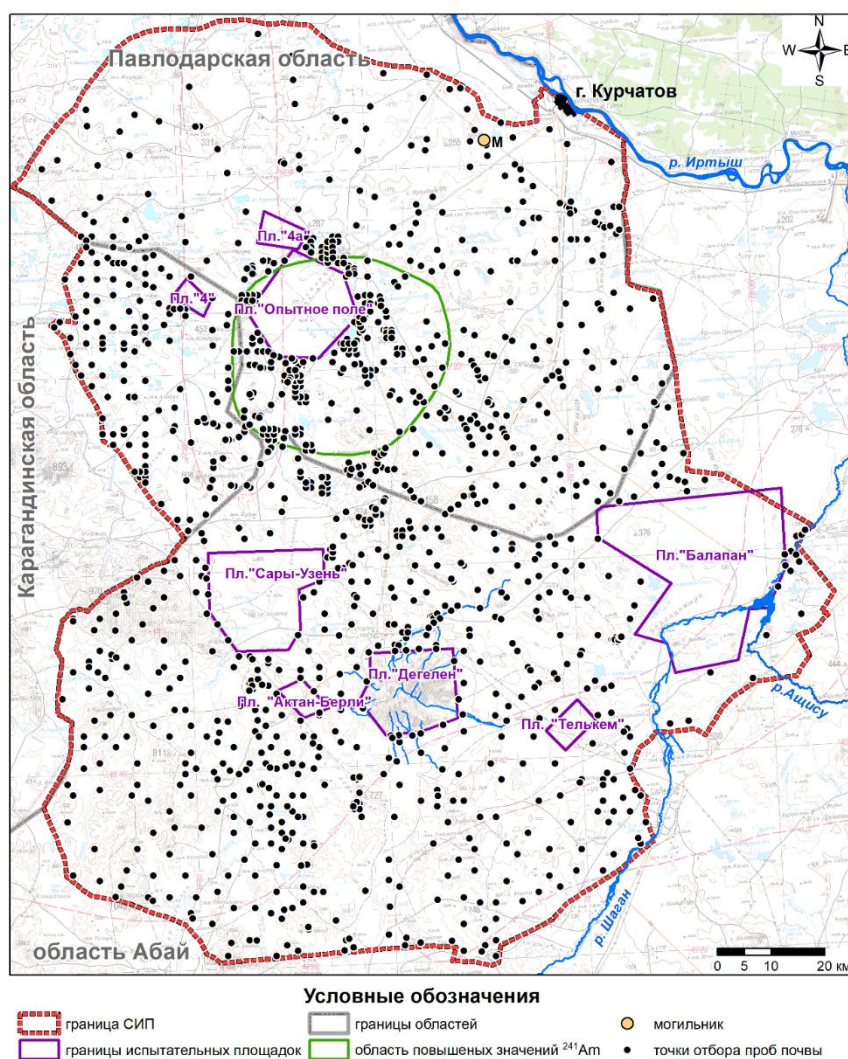


Рисунок 20. Схема расположения точек отбора проб почвы для определения удельной активности радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$

Схема расположения точек отбора проб почвы нанесена на топографическую карту М-43-ХVIII масштаба 1:500000. Всего проанализировано 1663 пробы почвы, что составляет 10% от общего количества отобранных проб верхнего слоя почвенного покрова [2].

Определение удельной активности ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в верхнем слое почвенного покрова выполнялось в соответствии с методиками, представленными в приложении (Приложение 3).

Результаты определения удельной активности ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ представлены в приложении (Приложение 7). Значения удельной активности радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ пересчитаны на 01.01.2024 г., с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70].

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

Среднее значение отношения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ к ^{241}Am в области повышенных значений ^{241}Am составляет 10,05. Соотношение $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ на остальной части территории СИП равно 6,44. Для подтверждения корреляционной зависимости отношения $^{239+240}\text{Pu}$ к ^{241}Am построены графики (Рисунок 21).

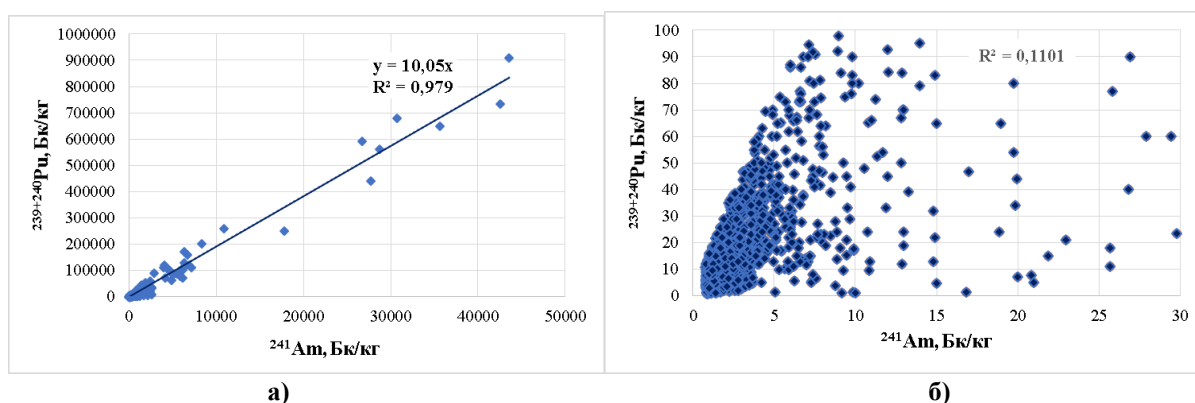


Рисунок 21. Соотношения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ к ^{241}Am :
а) область повышенных значений ^{241}Am (центральная часть земельного участка);
б) остальная часть земельного участка

Из рисунка (Рисунок 21) видно, что в области повышенных значений ^{241}Am (центральная часть СИП) значения соотношения $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ имеют хорошую сходимость со средним значением, что подтверждает величина достоверной аппроксимации $R^2=0,98$. В отношении остальной части территории СИП распределение соотношения $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ не имеет четкой зависимости ($R^2=0,11$). Такая ситуация характерна для участков с низкими значениями удельной активности радионуклидов в почве.

Для расчета удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ на территории обследуемого земельного участка были взяты средние значения коэффициентов K_{nm} :

- область повышенных значений ^{241}Am (центральная часть земельного участка) – 10,1;
- остальная часть территории СИП – 6,4.

Удельная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в почве варьирует от 0,3 Бк/кг до 46900 Бк/кг. Результаты определения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ представлены в приложении (Приложение 8).

По полученным данным построена карта распределения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ (Рисунок 22).

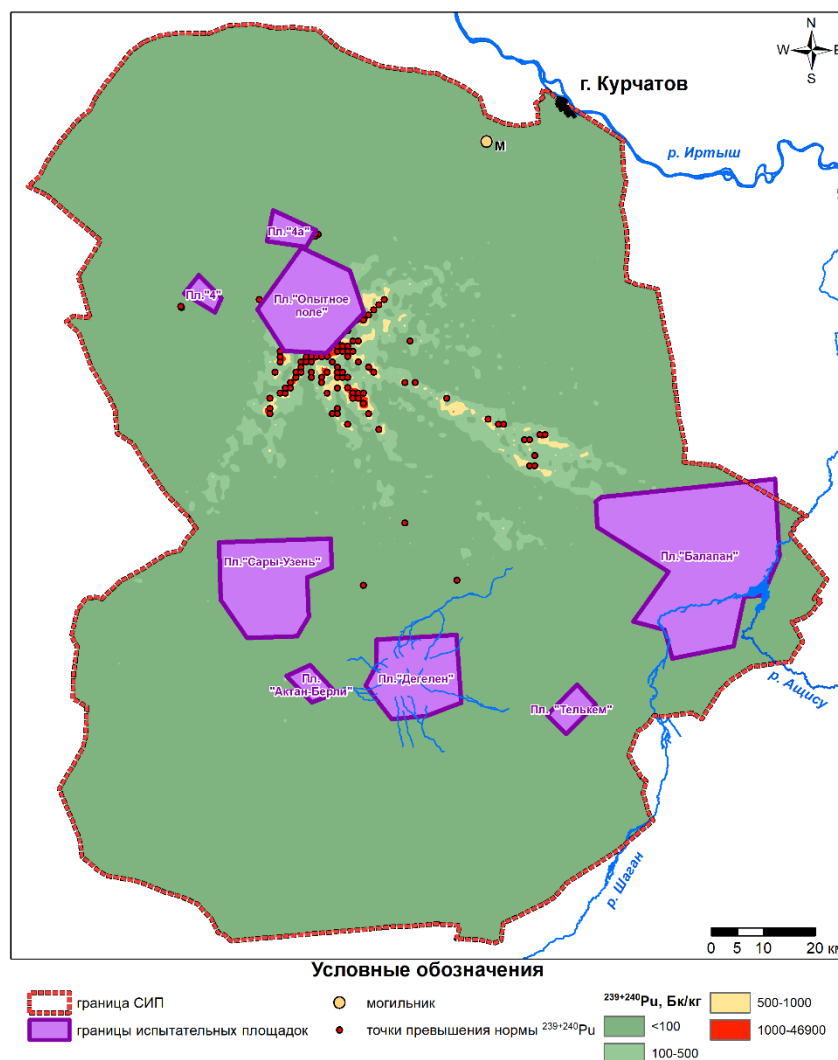


Рисунок 22. Карта распределения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$

Из рисунка (Рисунок 22) видно, что удельная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в 98 точках превышает значение минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения (1000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ [71]. В остальных точках обследования превышения нормативных значений для $^{239+240}\text{Pu}$ не зафиксировано, согласно Гигиеническим нормативам [71].

Из рисунка (Рисунок 22) видно, что на большей части территории СИП удельная активность $^{239+240}\text{Pu}$ не превышает значение 100 Бк/кг.

Высокие значения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ на участках вблизи площадок «4» и «4а», достигающие 46900 Бк/кг, объясняются спецификой проведения испытаний БРВ.

В центральной части СИП имеется область, где зафиксированы повышенные, относительно всей территории, значения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$, изменяющиеся в диапазоне от 100 до 12070 Бк/кг. Данные области повышенных значений удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ образованы радиоактивными выпадениями от ядерных испытаний, проведенных на площадке «Опытное поле». Схема расположения данных точек представлена на рисунке (Рисунок 23).

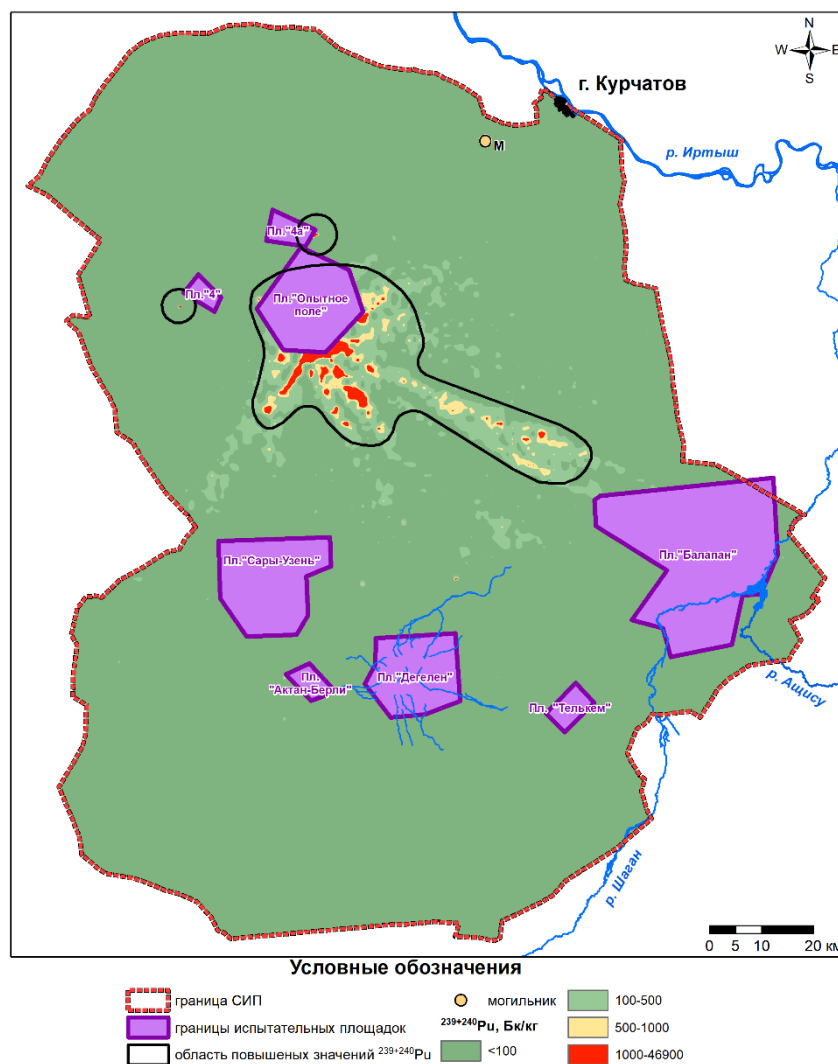


Рисунок 23. Схема расположения точек превышения нормативных параметров $^{239+240}\text{Pu}$

Выводы по разделу «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 нижнего предела обнаружения (0,3 Бк/кг) до 1294 Бк/кг, ^{241}Am – от нижнего предела обнаружения (0,1 Бк/кг) до 4175 Бк/кг, ^{90}Sr – от 0,2 до 5066711 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от 0,3 до 46900 Бк/кг. Зафиксировано превышение значения минимально значимой удельной активности ^{241}Am – в 3 точках, $^{239+240}\text{Pu}$ – в 98 точках, ^{90}Sr – в 12 точках, ^{137}Cs – не зарегистрировано (^{241}Am – 1000 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – 1000 Бк/кг, ^{137}Cs – 10000 Бк/кг и ^{90}Sr – 100000 Бк/кг), согласно Гигиеническим нормативам.

Согласно методике, для определения мест отбора проб, необходимых для оценки состояния атмосферного воздуха, растительного и животного мира, необходимо зонирование района обследования. Данное зонирование проводится по результатам определения удельной активности радионуклидов ^{241}Am и ^{137}Cs в пробах верхнего слоя почвы [2]. По результатам проведенных исследований выделено 2 зоны с повышенными значениями ^{137}Cs и одна зона с повышенными значениями по ^{241}Am .

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 обследования распределения радионуклидов по глубине почвенного профиля выбрано 169 точек. Точки отбора проб почвы располагались в зонах, различающихся по степени радиоактивного загрязнения:

- 1) область повышенных значений ^{137}Cs (след 1951 г.);
- 2) область повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.);
- 3) область повышенных значений ^{241}Am ;
- 4) остальная часть территории СИП.

Схема расположения точек отбора проб почвы представлена на рисунке (Рисунок 24).

Определение удельной активности радионуклидов в пробах почвы выполнялось в соответствии с методиками, представленными в приложении (Приложение 3).

Значения удельной активности радионуклидов пересчитаны на 01.01.2024 г., с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70] и представлены в приложении (Приложение 9).

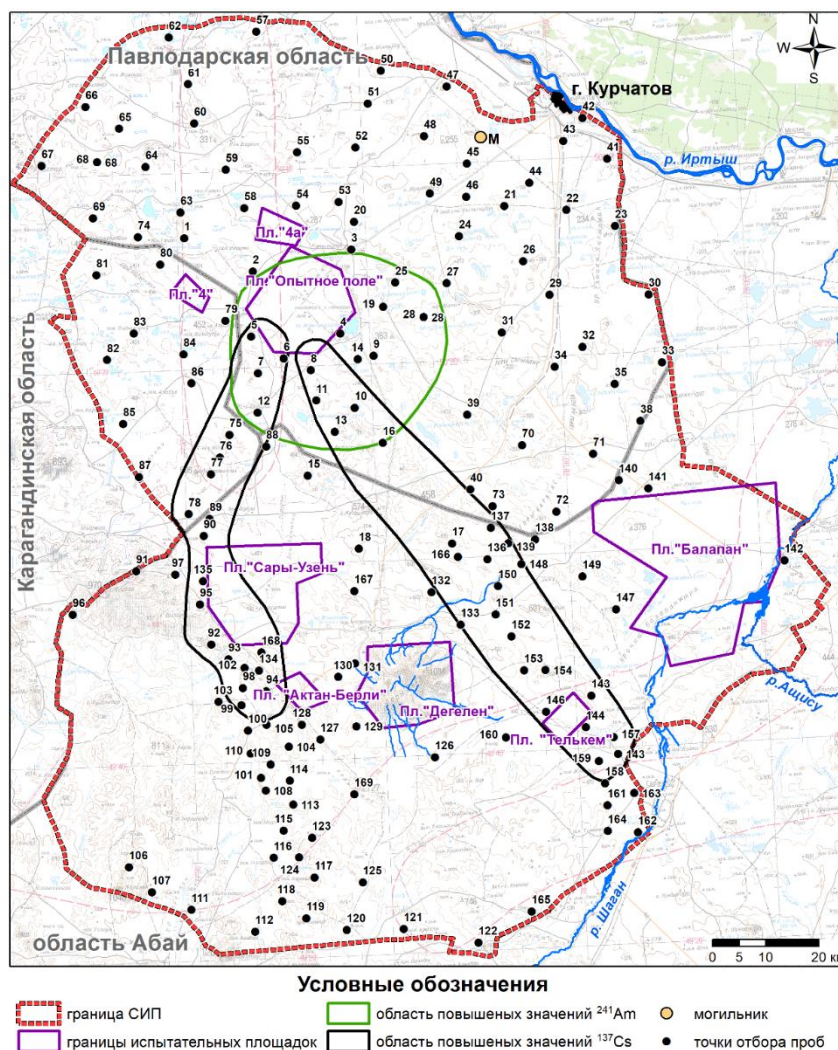


Рисунок 24. Схема расположения точек для определения содержания техногенных радионуклидов по глубине почвенного профиля

По полученным данным построены гистограммы распределения радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ по глубине почвенного профиля (Рисунок 25 – Рисунок 29).

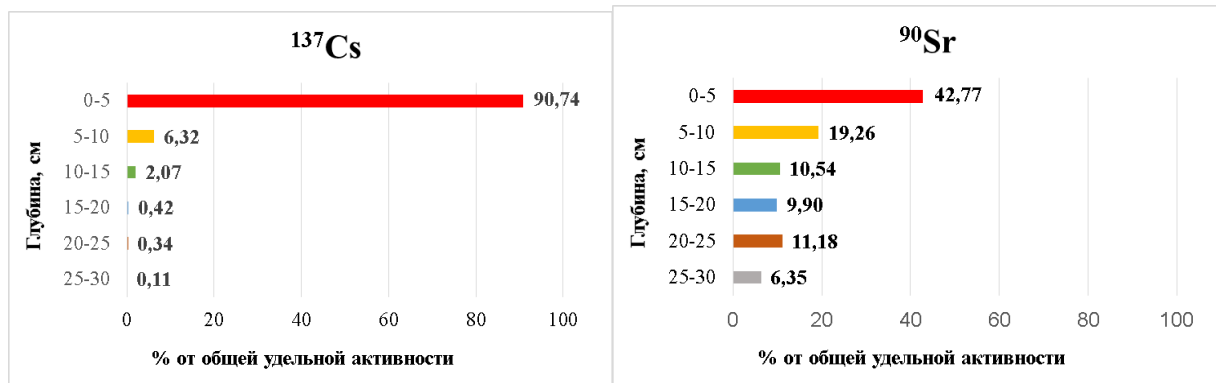


Рисунок 25. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr по глубине почвенного профиля в области повышенных значений ^{137}Cs (след 1951 г.)

В результате обследования распределения радионуклидов по глубине почвенного профиля (Рисунок 25) установлено, что в области повышенных значений ^{137}Cs (след 1951 г.) основное содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr содержится в слое почвы 0-15 см и составляет для ^{137}Cs – 98,03%, для ^{90}Sr – 70,30%. Минимальное содержание радионуклидов наблюдается на глубине 25-30 см и составляет для ^{137}Cs – 0,11%, для ^{90}Sr – 6,35%.

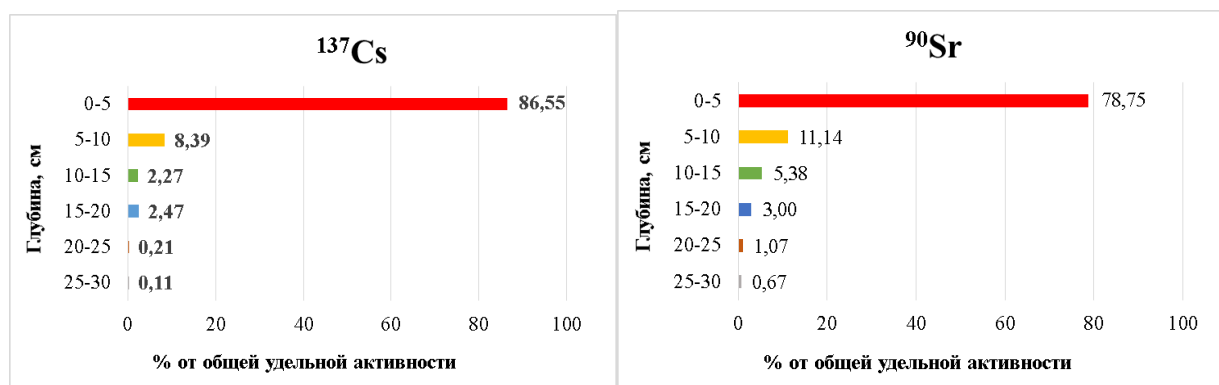


Рисунок 26. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr по глубине почвенного профиля в области повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.)

В результате обследования распределения радионуклидов по глубине почвенного профиля (Рисунок 26) установлено, что в области повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.) основное содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr содержится в слое почвы 0-15 см и составляет для ^{137}Cs – 97,21%, для ^{90}Sr – 95,27%. Минимальное содержание радионуклидов наблюдается на глубине 25-30 см и составляет для ^{137}Cs – 0,11%, для ^{90}Sr – 0,67%.

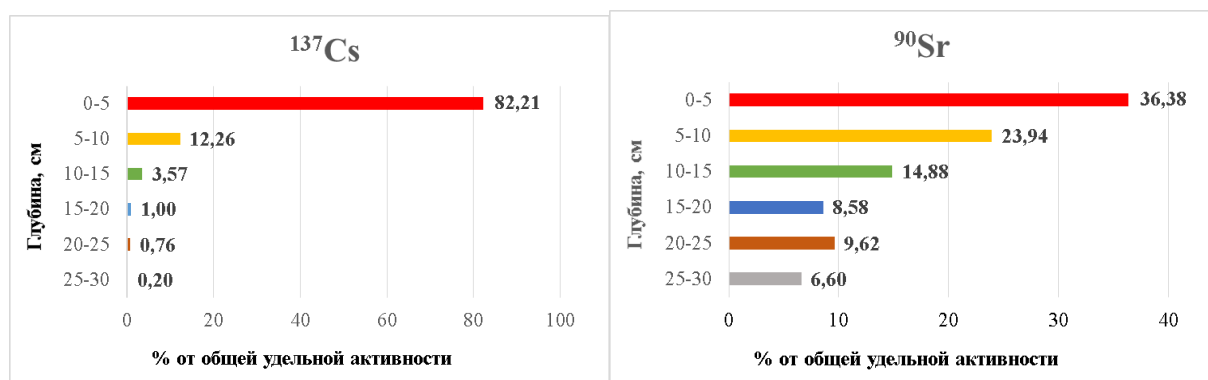


Рисунок 27. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr по глубине почвенного профиля для остальной части территории СИП

В результате обследования распределения радионуклидов по глубине почвенного профиля (Рисунок 27) установлено, что для остальной части территории СИП основное содержание радионуклидов содержится в слое почвы 0-15 см и составляет для ^{137}Cs – 98,04%, для ^{90}Sr – 75,2%. Минимальное содержание радионуклидов наблюдается на глубине 25-30 см и составляет для ^{137}Cs – 0,2%, для ^{90}Sr – 6,6%.

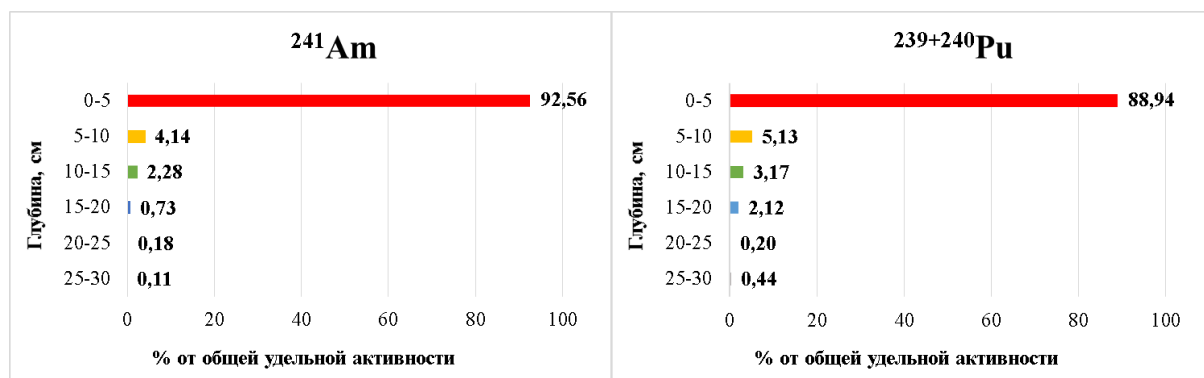


Рисунок 28. Распределение ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ по глубине почвенного профиля в области повышенных значений ^{241}Am

В результате обследования распределения радионуклидов по глубине почвенного профиля (Рисунок 28) установлено, что в области повышенных значений ^{241}Am основное содержание радионуклидов содержится в слое почвы 0-15 см и составляет для ^{241}Am – 98,98%, для $^{239+240}\text{Pu}$ – 97,24%. Минимальное содержание радионуклидов наблюдается на глубине 25-30 см и составляет для ^{241}Am – 0,11%, для $^{239+240}\text{Pu}$ – 0,44%.

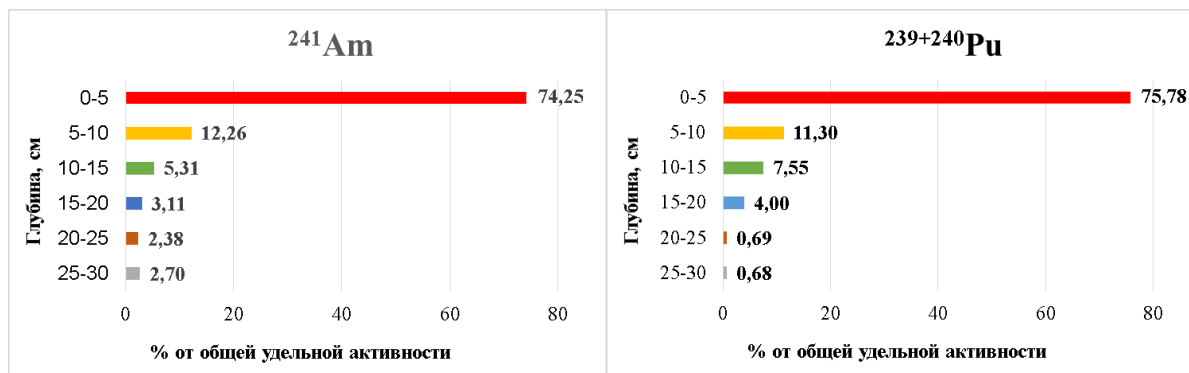


Рисунок 29. Распределение ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ по глубине почвенного профиля для остальной части территории СИП

В результате обследования распределения радионуклидов по глубине почвенного профиля (Рисунок 29) установлено, что на остальной части территории СИП основное содержание радионуклидов содержится в слое почвы 0-15 см и составляет для ^{241}Am – 91,82%, для $^{239+240}\text{Pu}$ – 94,63%. Минимальное содержание радионуклидов наблюдается на глубине 25-30 см и составляет для ^{241}Am – 2,7%, для $^{239+240}\text{Pu}$ – 0,68%.

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

По результатам определения содержания радионуклидов по глубине почвенного профиля установлено, что основная доля радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$, как для области повышенных значений ^{137}Cs и ^{241}Am , так и для остальной части территории СИП, зафиксирована в пахотном слое почвы 0-20 см, в котором сосредоточена основная часть корней культурных

растений. Максимальное содержание радионуклидов наблюдается в верхнем слое почвы (до 5 см) данного участка, минимальное содержание радионуклидов – на глубине 25-30 см.

2.1.3 Определение площадной активности радионуклидов

По результатам определения вертикального распределения радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ 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.

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

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

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 (пяти) сантиметровом слое почвенного покрова;

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

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

Коэффициент K_{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, м².

Средние значения коэффициента K_n определялись для каждой выделенной области и представлены в таблице (Таблица 5).

Таблица 5. Средние значения коэффициентов K_n

Коэффициент K_n	Значение
область повышенных значений ^{137}Cs (след 1951 г.)	
K_n радионуклида ^{137}Cs	0,84454
K_n радионуклида ^{90}Sr	0,44813
область повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.)	
K_n радионуклида ^{137}Cs	0,75648
K_n радионуклида ^{90}Sr	0,57189
область повышенных значений ^{241}Am	
K_n радионуклида ^{241}Am	0,58479
K_n радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	0,77648
остальная часть территории СИП	
K_n радионуклида ^{137}Cs	0,73540
K_n радионуклида ^{90}Sr	0,34191
K_n радионуклида ^{241}Am	0,30973
K_n радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	0,56617

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

Значения площадной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ рассчитаны по формуле (6) и представлены в приложении (Приложение 10).

По полученным данным построены карты распределения площадной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ на обследуемом земельном участке (Рисунок 30).

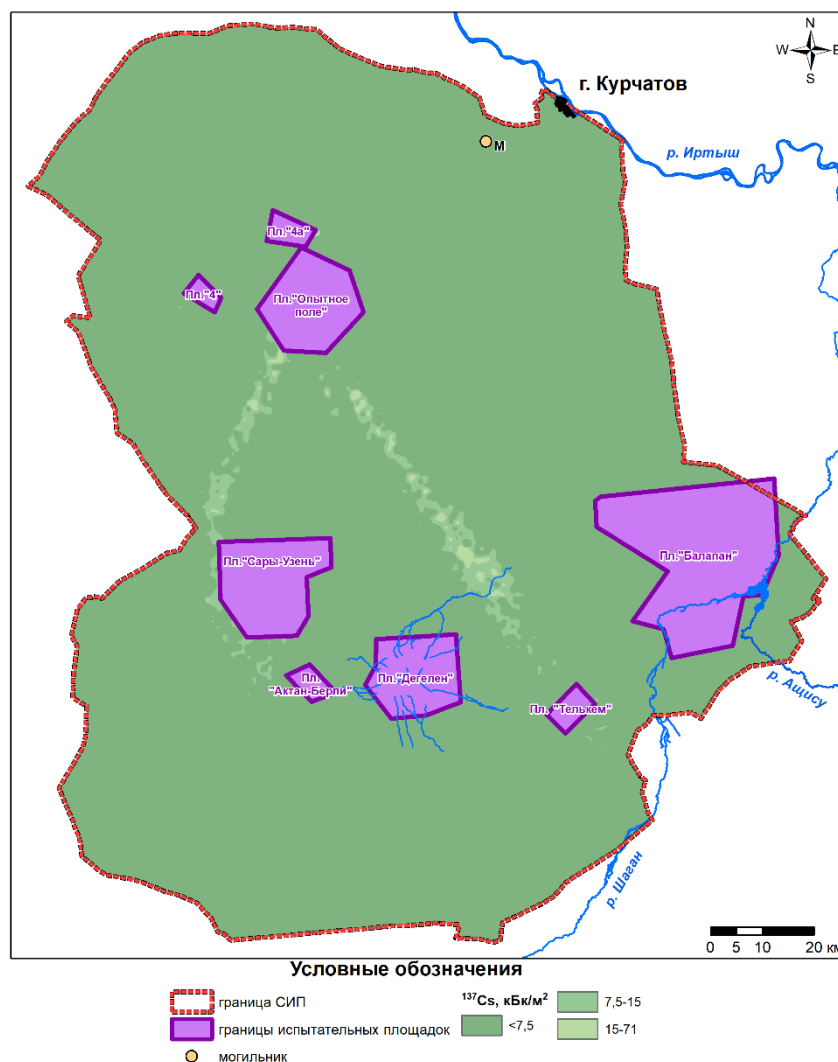


Рисунок 30. Карта распределения площадной активности ^{137}Cs

Из рисунка (Рисунок 30) видно, что на значительной части территории СИП площадная активность ^{137}Cs не превышает значение $7,5 \text{ кБк/м}^2$. При этом, на данном участке имеются две полосы, протянувшиеся от площадки «Опытное поле» в юго-восточном и южном направлениях до границы СИП, где зафиксированы повышенные, относительно всей территории, уровни площадной активности ^{137}Cs , изменяющиеся в диапазоне от $7,5$ до 71 кБк/м^2 . Данные области повышенных значений площадной активности ^{137}Cs образованы радиоактивными выпадениями от ядерных испытаний, проведенных на площадке «Опытное поле». На рисунке (Рисунок 30) также выделяются 2 участка вблизи площадок «4» и «4а», образовавшиеся в результате испытаний БРВ, где значения площадной активности ^{137}Cs варьируют в диапазоне от $7,5$ до 62 кБк/м^2 .

По результатам определения площадной активности ^{137}Cs (Рисунок 31) видно, что значения площадной активности ^{137}Cs на всей территории полигона не превышают нормативное значение (75 кБк/м^2), что позволяет отнести весь обследуемый земельный участок к территории с «относительно удовлетворительной ситуацией», согласно Критериям оценки экологической обстановки территорий [73].

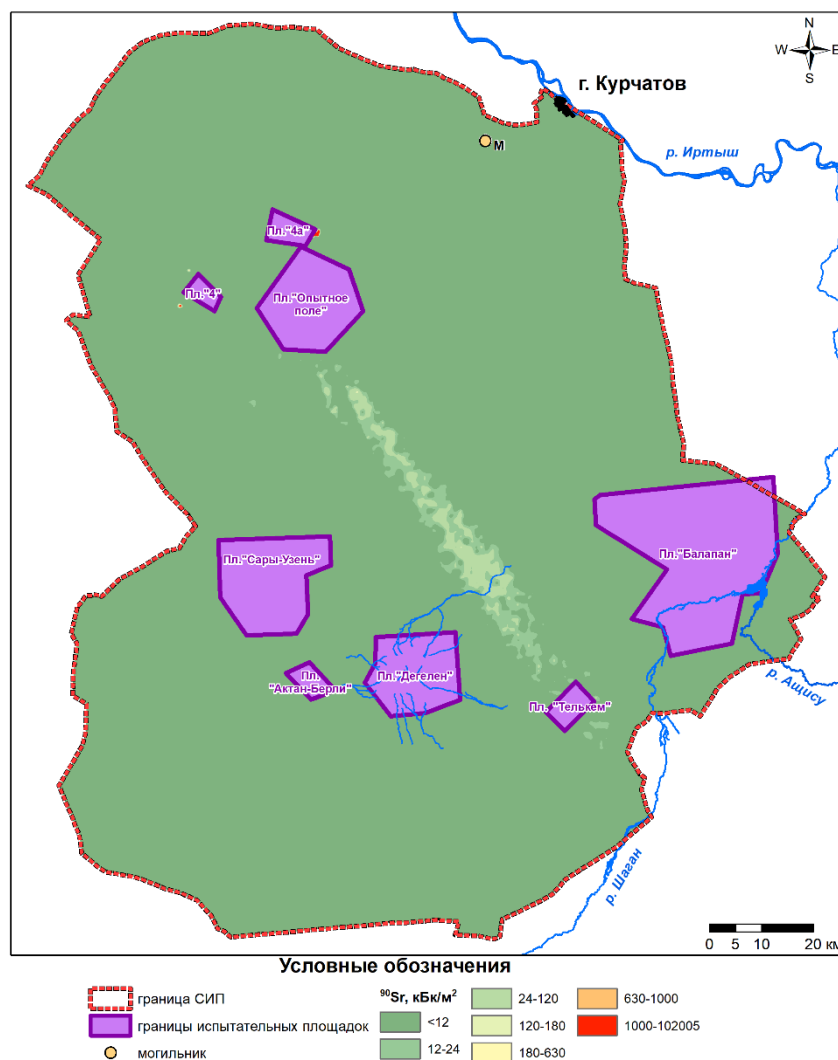


Рисунок 31. Карта распределения площадной активности ^{90}Sr

Из рисунка (Рисунок 31) видно, что на значительной части территории СИП площадная активность ^{90}Sr не превышает значение 12 кБк/м². При этом, на карте прослеживается полоса, протянувшаяся от площадки «Опытное поле» в юго-восточном направлении до границы СИП, где зафиксированы повышенные, относительно всей территории, уровни площадной активности ^{90}Sr , изменяющиеся в диапазоне от 12 до 177 кБк/м². Данная область повышенных значений площадной активности ^{90}Sr образована радиоактивными выпадениями от ядерного испытания, проведенного на площадке «Опытное поле». Также на территории СИП выявлены 2 участка с повышенным содержанием ^{90}Sr вблизи испытательных площадок «4» и «4а». Значения площадной активности в данных участках вблизи площадок «4» и «4а» достигают значений $7,6 \times 10^4$ и $1,02 \times 10^5$ кБк/м² соответственно.

По результатам определения площадной активности ^{90}Sr установлено, что на территории СИП имеется 26 точек, в которых содержание ^{90}Sr в почве превышает нормативное значение (120 кБк/м²), характеризующее территории с «относительно удовлетворительной ситуацией», согласно Критериям оценки экологической обстановки территорий [73]. Схема расположения данных точек представлена на рисунке (Рисунок 32).

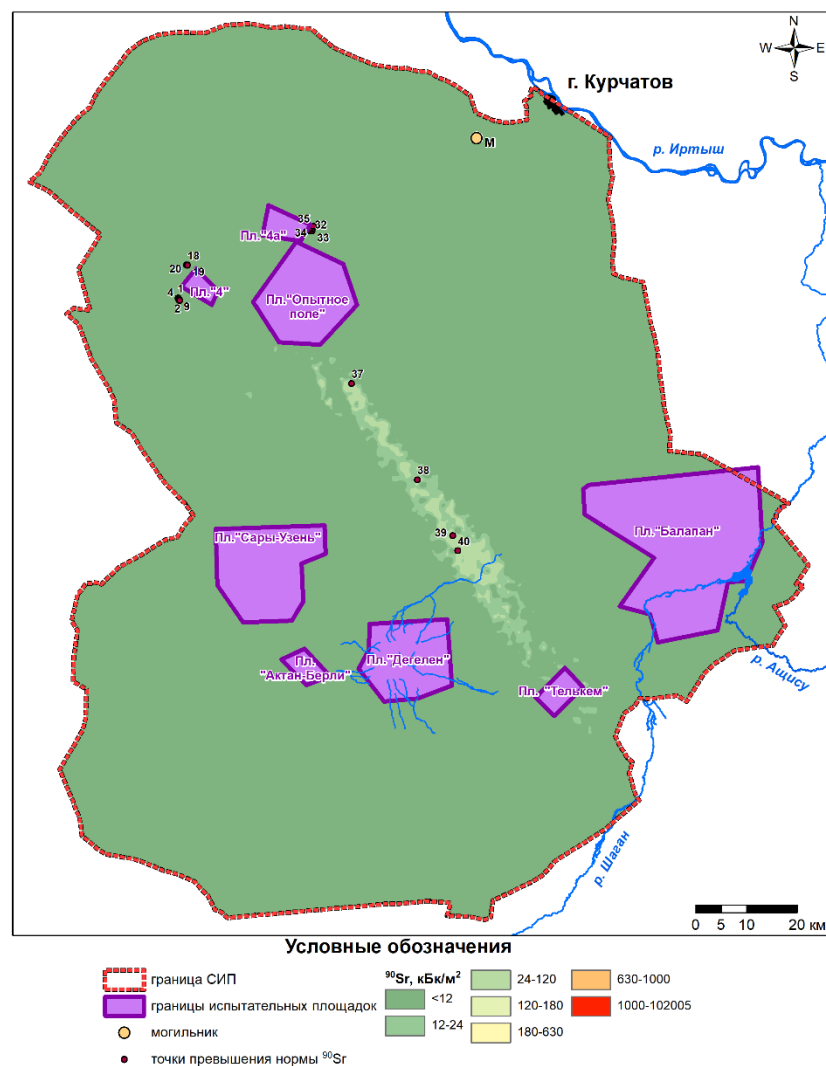


Рисунок 32. Схема расположения точек с повышенными значениями площадью активности ^{90}Sr

Из рисунка (Рисунок 32) видно, что точки №№ 1-31 и №№ 32-36 расположены вблизи площадок «4» и «4а», где в период с 1954 по 1957 гг. проводились испытания радиологического оружия, снаряженного БРВ. Точки №№ 37-40 расположены на следе радиоактивных выпадений от испытания ядерного оружия, проведенного на площадке «Опытное поле» в 1953 г.

Сведения о пробах почвы, отобранных в данных точках, представлены в приложении (Приложение 11).

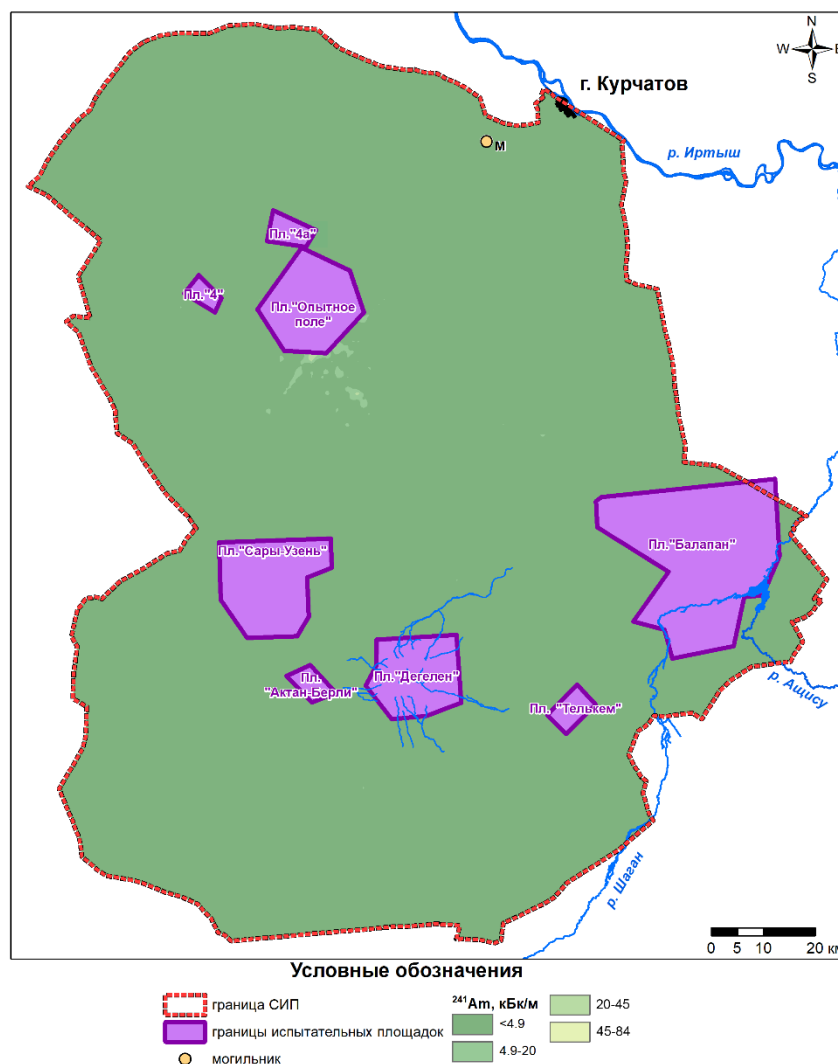


Рисунок 33. Карта распределения площадной активности ^{241}Am

Из рисунка (Рисунок 33) видно, что на большей части территории СИП площадная активность ^{241}Am не превышает значение 4,9 кБк/м².

При этом, в центральной части СИП имеется область, в которой зафиксированы повышенные, относительно всей территории, уровни площадной активности ^{241}Am , достигающие значение 45 кБк/м². Значения площадной активности на участке вблизи площадки «4» достигают 84 кБк/м².

По результатам определения площадной активности ^{241}Am установлено, что во всех точках на территории СИП содержание ^{241}Am в почве не превышает нормативное значение (490 кБк/м²), что позволяет отнести весь обследуемый земельный участок к территории с «относительно удовлетворительной ситуацией», согласно Критериям оценки экологической обстановки территорий [73].

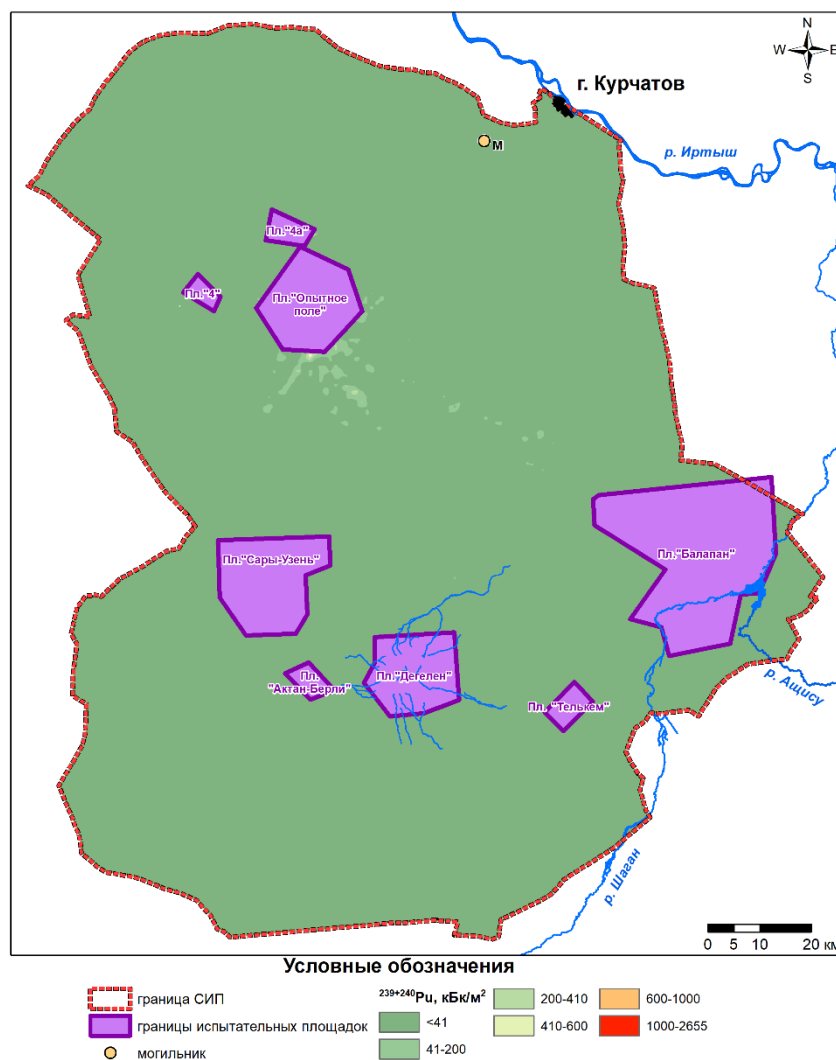


Рисунок 34. Карта распределения площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$

Из рисунка (Рисунок 34) видно, что на большей части территории СИП площадная активность $^{239+240}\text{Pu}$ не превышает значение 41 кБк/м^2 . При этом, в центральной части СИП, вблизи площадки «Опытное поле», имеется область, в которой зафиксированы повышенные, относительно всей остальной территории, уровни площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$, изменяющиеся в пределах от 41 до 609 кБк/м^2 . Данная область повышенных значений площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$ образована радиоактивными выпадениями от ядерных испытаний, проведенных на площадке «Опытное поле». На участках вблизи площадок «4» и «4а» в 3 точки также зафиксированы повышенные значения площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$, варьирующие в пределах от 41 до 2655 кБк/м^2 .

По результатам определения площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$ установлено, что на территории СИП имеется 7 точек, в которых содержание $^{239+240}\text{Pu}$ в почве превышает нормативное значение (410 кБк/м^2), характеризующее территории с «относительно удовлетворительной ситуацией», согласно Критериям оценки экологической обстановки территорий [73]. Схема расположения данных точек представлена на рисунке (Рисунок 35).

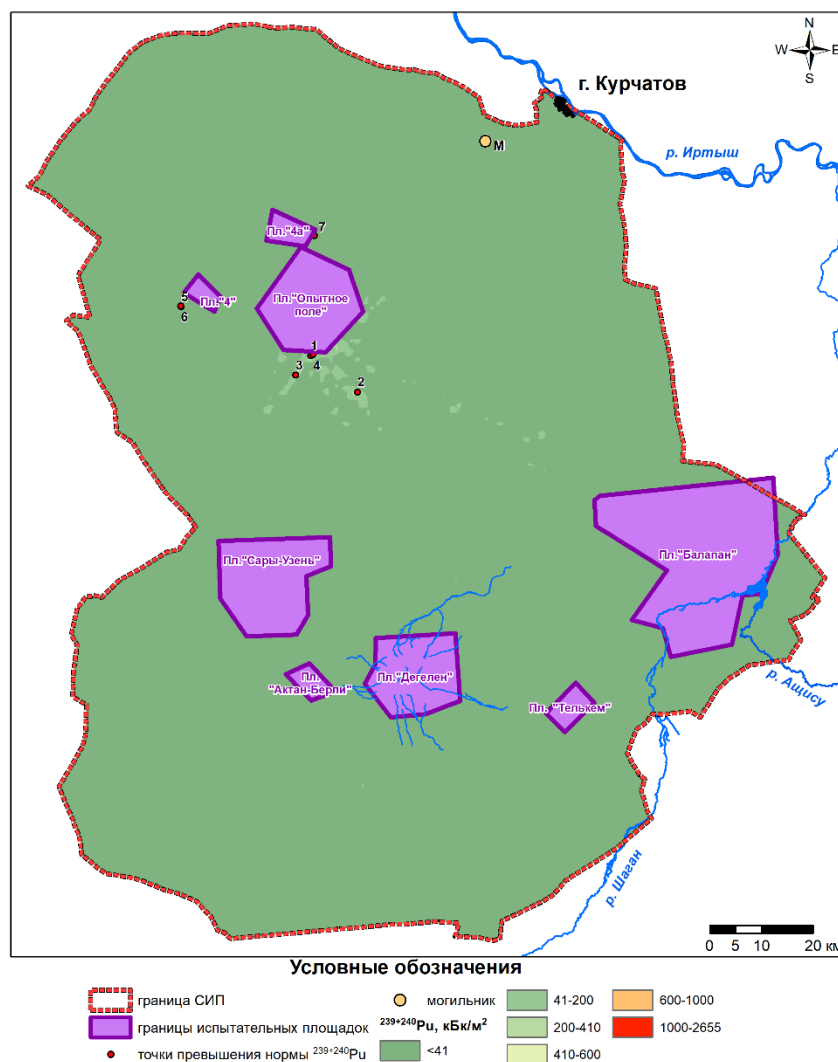


Рисунок 35. Схема расположения точек с повышенными значениями площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$

Из рисунка видно (Рисунок 35), что точки №№ 1-4 расположены на следах радиоактивных выпадений от испытаний ядерного оружия, проведенных на площадке «Опытное поле», точки №№ 5-7 – на участках вблизи площадок «4» и «4а».

Сведения о пробах почвы, отобранных в данных точках, представлены в приложении (Приложение 11).

Выводы по разделу «Определение площадной активности радионуклидов»

По результатам площадного распределения радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в почвенном покрове установлено, что на территории СИП имеются точки, в которых значения площадной активности данных радионуклидов превышают значения, характеризующие относительно удовлетворительную ситуацию в Критериях оценки экологической обстановки территорий. Эти точки расположены на следах радиоактивных выпадений от испытаний ядерного оружия, проведенных на площадке «Опытное поле», а также на расстоянии ~2,5 км в юго-западном направлении от границы площадки «4» и вблизи площади «4а», на расстоянии от 2 до 4 км в восточном направлении от ее границы.

2.2 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Обследование радиационного состояния поверхностных и подземных вод выполнялось с целью оценки степени радиоактивного загрязнения водной среды в районе обследования.

Контролируемой величиной радиационного состояния воды, согласно Гигиеническим нормативам [71], 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 [2].

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

2.2.1 Определение удельной активности радионуклидов в поверхностных водах

Обследовались все водные объекты, нанесенные на топографические карты М-43-XVIII и М-44-XIX масштаба 1:500000, в пределах территории СИП (1.3.2 Характеристика водных ресурсов), в которых на момент обследования была вода.

Из 219 поверхностных водных объектов, указанных на топографической карте, были обследованы 137 объектов. В остальных объектах в период обследования вода отсутствовала.

Пробы воды отбирались из родников и поверхностных водоемов (озер, ручьев). Отбор проб воды проводился в соответствии с общими требованиями к отбору проб СТ ГОСТ Р 51593-2003 [74], СТ РК ГОСТ Р 51592-2003 [2, 75] и СТ РК 1545-2006 [76]. Пробы воды отбирались с помощью пробоотборника – батометра, который погружался в источник воды на заданную глубину. Проба отбиралась в пластиковые емкости объемом 0,02 л и 10 л. После пробоотбора проба воды поступала в лабораторию для проведения анализов.

Схема расположения точек отбора проб воды представлена на рисунке (Рисунок 36).

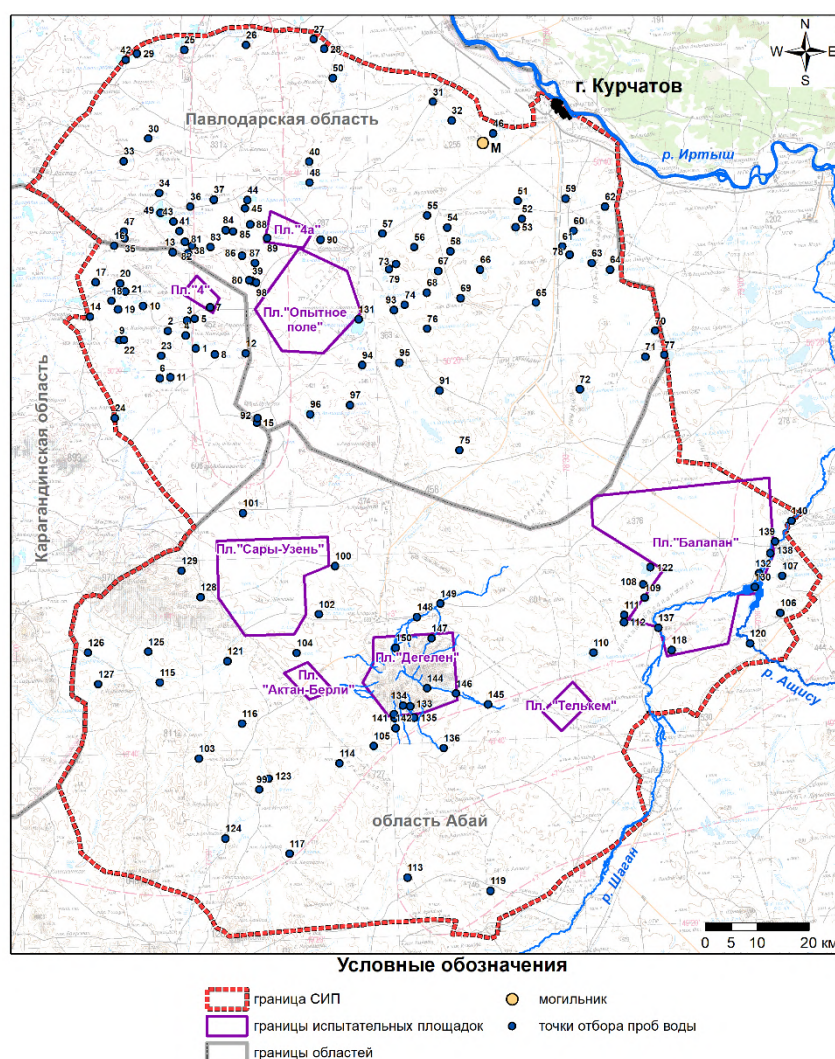


Рисунок 36. Схема расположения точек отбора проб воды из поверхностных водных объектов

Во всех отобранных пробах воды определена удельная активность радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr и ^3H в соответствии с методиками, представленными в приложении (Приложение 3).

Значения удельной активности радионуклидов в воде из поверхностных водных объектов пересчитаны на 01.01.2024 г., с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70] и представлены в приложении (Приложение 12).

Согласно полученным результатам удельная активность радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в поверхностных водах СИП не превышает значения уровней вмешательства (^{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 [71].

Установлено, что в части поверхностных водных объектов содержание ^3H и ^{90}Sr превышает значения уровней вмешательства (^{90}Sr – 4,9 Бк/кг, ^3H – 7600 Бк/кг). По полученным данным (Приложение 12) построены карты распределения данных радионуклидов в поверхностных водах на территории СИП (Рисунок 37).

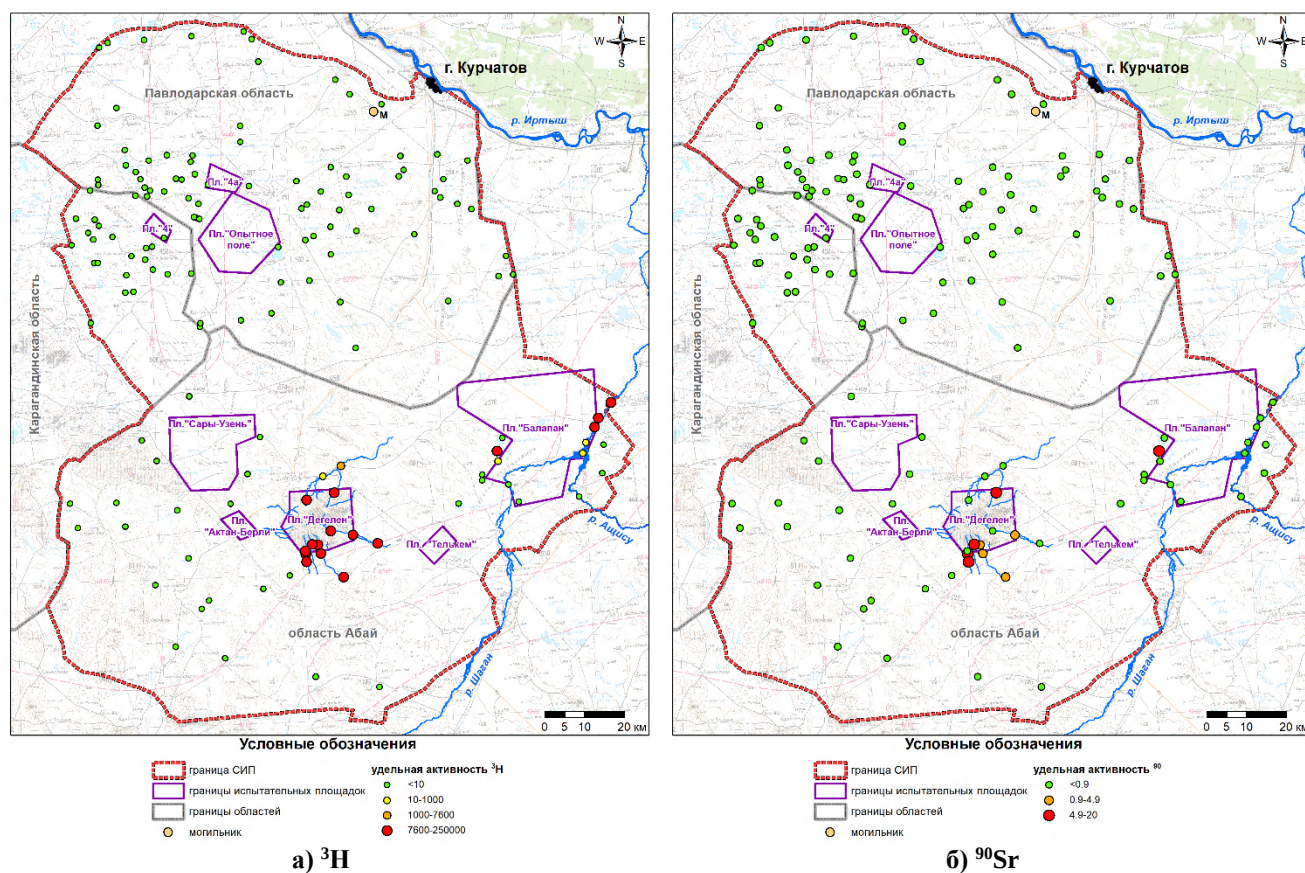


Рисунок 37. Распределение радионуклидов в поверхностных водах СИП

Из рисунка (Рисунок 37) видно, что содержание радионуклида ^3H , превышающее значение уровня вмешательства для питьевой воды, зафиксировано в 16 точках, ^{90}Sr – в 5 точках.

Выводы по разделу «Определение содержания радионуклидов в поверхностных водах»

Проведено обследование 137 поверхностных водных объектов.

По результатам проведенного обследования установлено, что уровни содержания радионуклидов ^3H , ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в воде 131 объекта (озера, ручьи, реки) не превышают нормативные значения согласно Гигиеническим нормативам.

Однако 6 водных объектов имеют высокие уровни содержания радионуклидов ^{90}Sr и ^3H в воде. К ним относятся воды ручьев Карабулак, Узынбулак, Байтлес, Токтакушык, озера Кишкенсор, а также участка реки Шаган, выходящего из «Атомного озера» и доходящего до

границы СИП. Миграция данных радионуклидов с поверхностными водами возможна только в пределах локальных водосборных бассейнов.

2.2.2 Определение удельной активности радионуклидов в подземных водах

Определение содержания радионуклидов в подземных водах выполнено в воде, отобранной из объектов, которые можно использовать для отбора проб подземных вод. Такими объектами являются, колодцы и скважины, которые, в основном, использовались для водопоя скота.

Согласно методике по проведению комплексного экологического обследования, количество точек отбора проб подземных вод (скважин, колодцев) составляет не менее 1 пробы на 100 км² [2]. Общее количество обследованных скважин составило 227, из них 80 колодцев и 147 скважин.

Обследовались все объекты, нанесенные на топографическую карту М-43-ХVIII масштаба 1:500000, в пределах территории СИП. Из 337 обследованных объектов для отбора проб воды пригодны 80. Остальные объекты являются заброшенными, сухими или технически неисправными (недоступными для отбора проб воды). Схема расположения колодцев и скважин, в которых отобраны пробы воды, представлена на рисунке (Рисунок 38).

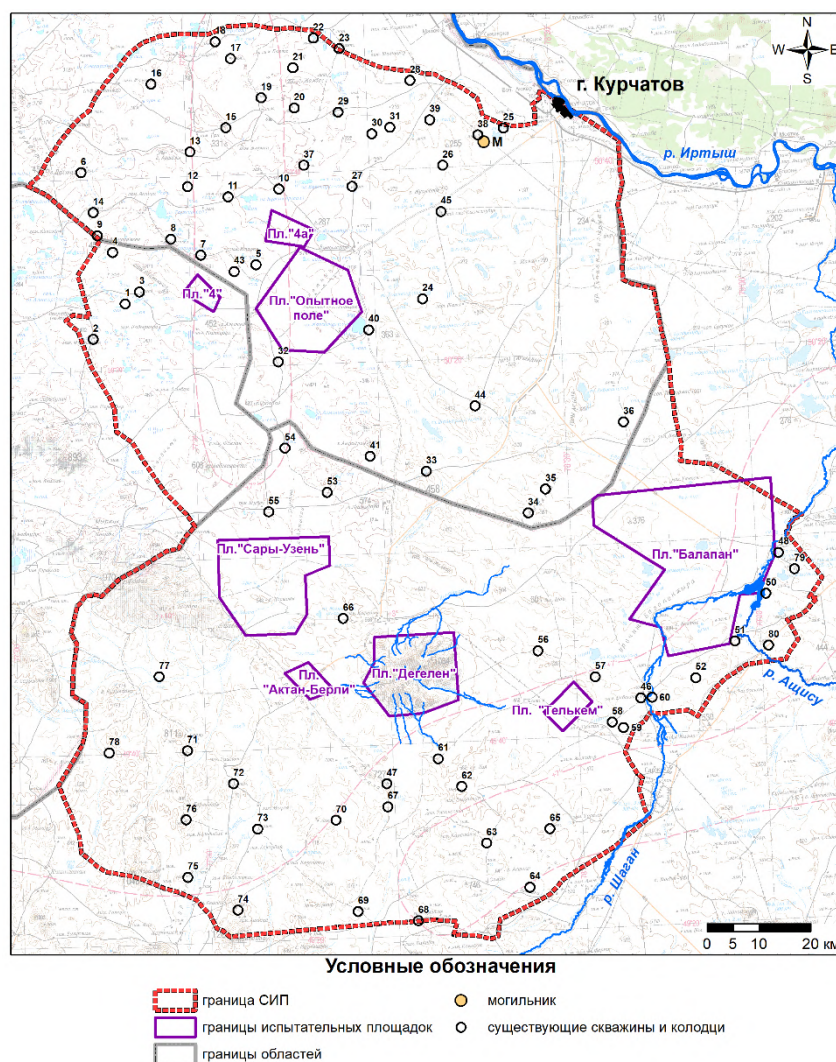


Рисунок 38. Схема расположения существующих колодцев и скважин

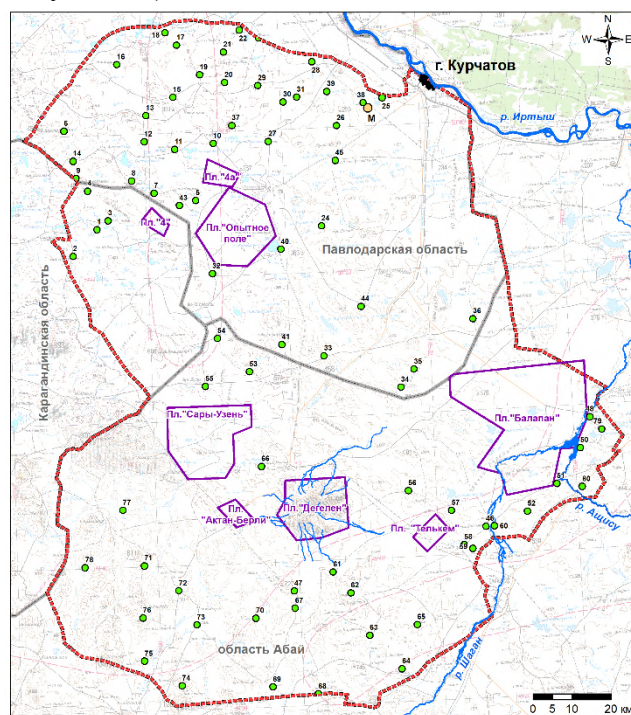
51 объект из 80 представлены в виде трубчатого фильтрового колодца и 29 объектов являются шахтными колодцами.

Отбор проб воды проводился в соответствии с общими требованиями к отбору проб [2, 74, 75, 76]. Подготовка к лабораторным анализам и определение удельной активности

радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr и ^3H в воде выполнялось в соответствии с методиками, представленными в приложении (Приложение 3).

Значения удельной активности радионуклидов в воде пересчитаны на 01.01.2024 г., с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70] и представлены в приложении (Приложение 13).

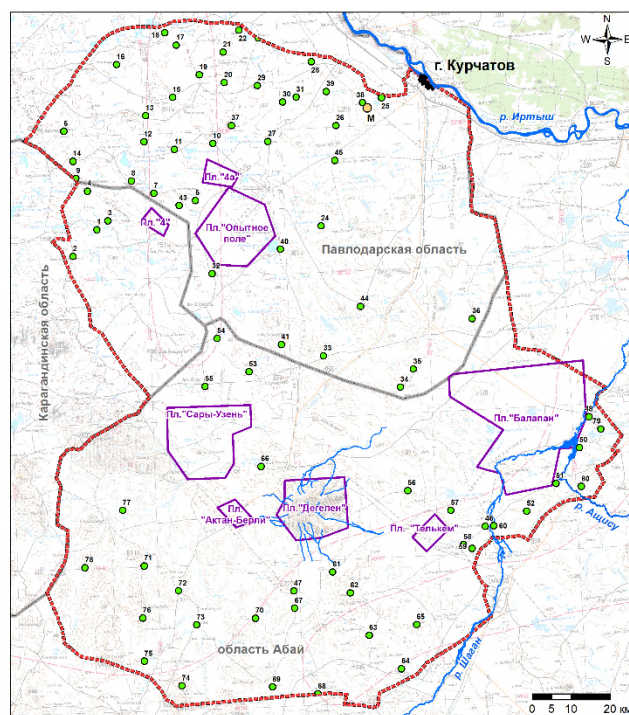
По полученным данным построены карты распределения радионуклидов ^3H , ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в подземных водах существующих колодцев и скважин на территории СИП (Рисунок 39).



Условные обозначения

- граница СИП
- границы испытательных площадок
- границы областей
- могильник
- удельная активность в существующих скважинах и колодцах ^3H , Бк/кг
- <0,00

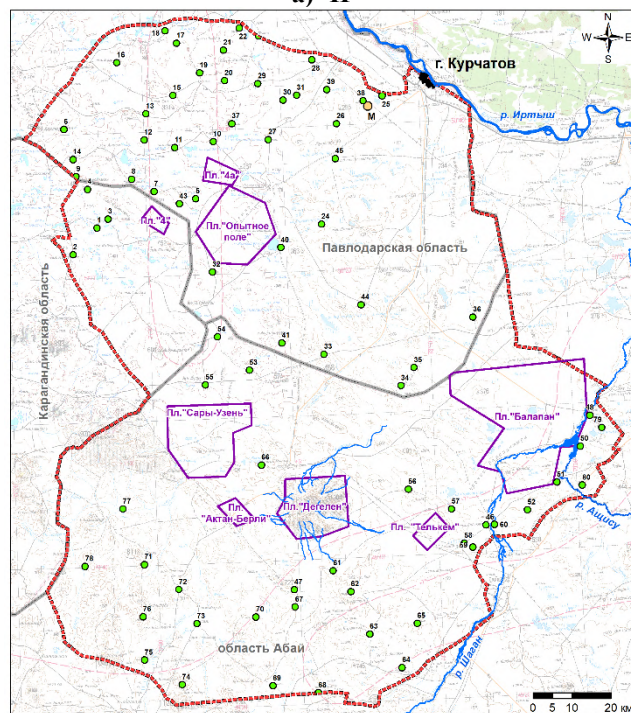
а) ^3H



Условные обозначения

- граница СИП
- границы испытательных площадок
- границы областей
- могильник
- удельная активность в существующих скважинах и колодцах ^{137}Cs , Бк/кг
- <1

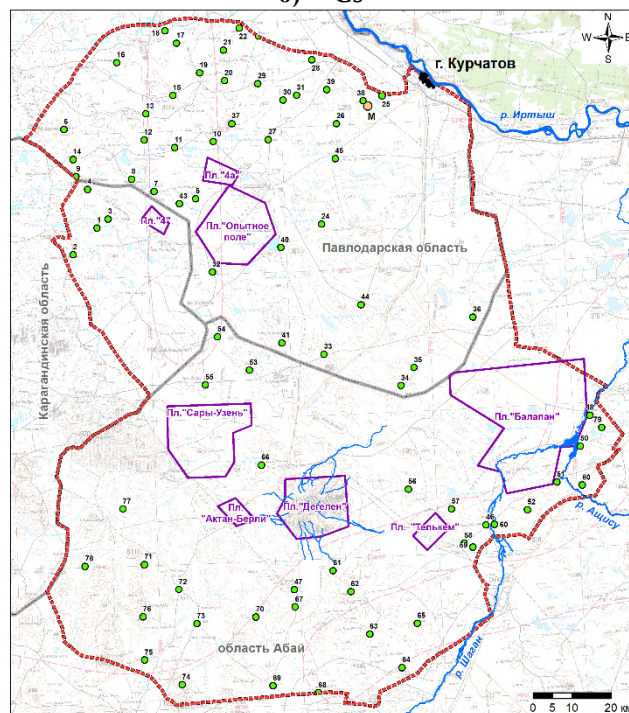
б) ^{137}Cs



Условные обозначения

- граница СИП
- границы испытательных площадок
- границы областей
- могильник
- удельная активность в существующих скважинах и колодцах ^{241}Am , Бк/кг
- <0,00

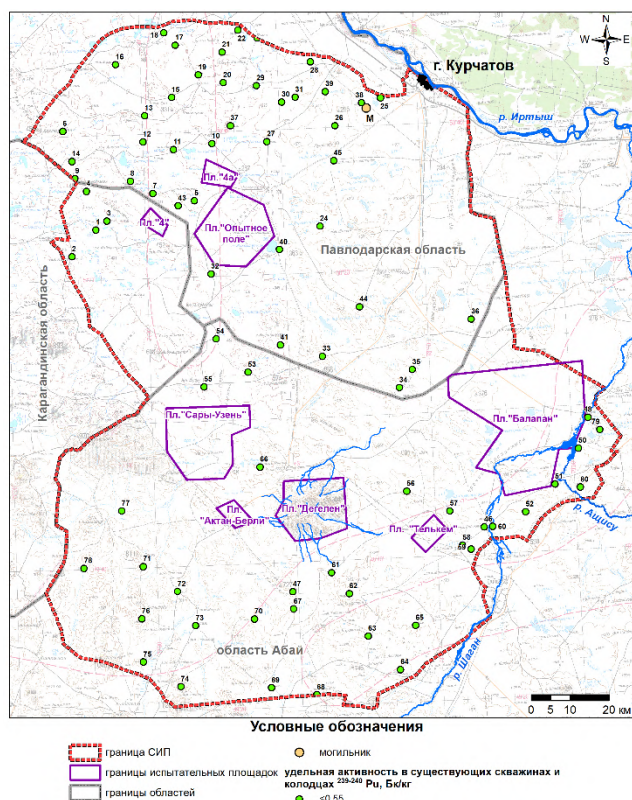
в) ^{241}Am



Условные обозначения

- граница СИП
- границы испытательных площадок
- границы областей
- могильник
- удельная активность в существующих скважинах и колодцах ^{90}Sr , Бк/кг
- <4,9

г) ^{90}Sr



д) $^{239+240}\text{Pu}$

Рисунок 39. Распределение радионуклидов в подземных водах существующих колодцев и скважин СИП

Значения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ во всех 80 пробах воды из существующих колодцев и скважин находятся ниже предела обнаружения используемого аппаратурно-методического обеспечения и составляют $<0,02$ Бк/кг, $<0,02$ Бк/кг и $<0,001$ Бк/кг соответственно. Содержание радионуклида ^3H в воде варьирует от нижнего предела обнаружения (8 Бк/кг) до 2000 Бк/кг, ^{90}Sr – от нижнего предела обнаружения (0,01 Бк/кг) до 0,11 Бк/кг. Полученные значения не превышает 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 [71].

Для того, чтобы оценить радиационное состояние подземных вод всей территории СИП пробурены дополнительные скважины. Всего пробурено 147 скважин.

Согласно фоновым данным, на территории СИП распространены трещинные воды зоны выветривания верхнепротерозойских-палеозойских отложений и грунтовые воды в рыхлых отложениях. В связи с этим, бурение новых скважин выполнено как в трещинных, так и в грунтовых водоносных горизонтах.

Из 147 скважин 25 пробурены для изучения трещинных вод и 122 – для изучения грунтовых вод.

Трещинные воды

По геологическим условиям местности, территория СИП отличается сложным тектоническим строением, наличием сложной складчатости, а также широким развитием разрывных нарушений. Наиболее крупными тектоническими нарушениями являются разломы длительного развития Чинрауский, Байгузин-Булакский, Калба-Чингизский, Западно-Аркалыкский и Главный Чингизский. В связи с этим, согласно тектонической карте местности, в зонах развития разломов были пробурены 25 скважин для изучения радионуклидного состояния

трещинных вод. Схема расположения пробуренных скважин в местах простирания разломов, представлена на рисунке (Рисунок 40).

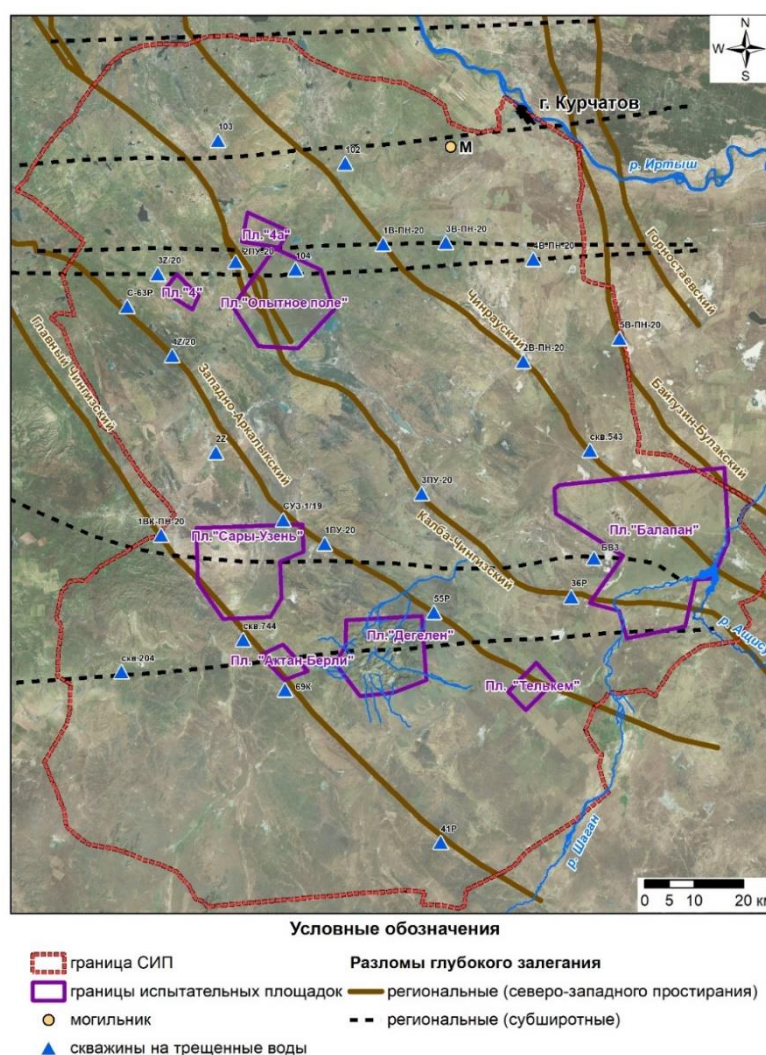


Рисунок 40. Схема расположения скважин для изучения трещинных вод

Из рисунка (Рисунок 40) видно, что 4 скважины (1ВК-ПН-20, 744, 69К и 41Р) были пробурены на Главном Чингизском разломе, 6 скважин (36Р, 4З/20, 2З, СУЗ 1/19, 1 ПУ-20 и 55Р) – на Западно-Аркалыкском разломе, 3 скважины (2ПУ-20, 3ПУ-20 и 63Р) – на Калба-Чингизском разломе, 3 скважины (543, 1В-ПН-20 и 2В-ПН-20) – на Чинрауском разломе, скважина 5В-ПН-20 – на трассе Байгузин-Булакского – разломы северо-западного простирания (Чинрауский и Байгузин-Булакский). И 8 скважин (104, 103, 102, 3В-ПН-20, 4В-ПН-20, 3З, БВЗ и 204) пробурены на субширотных разломах.

Грунтовые воды

Грунтовые воды на территории СИП залегают в локальных гидрогеологических бассейнах. Для обследования грунтовых вод выбирались участки с засолением почв и минимальными абсолютными отметками местности. Всего было пробурено 122 скважины на этих участках. Схема расположения пробуренных скважин для изучения грунтовых вод представлена на рисунке (Рисунок 41).



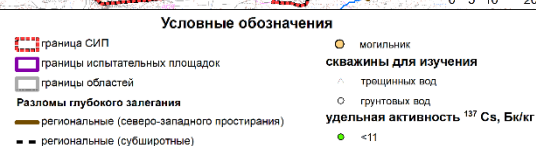
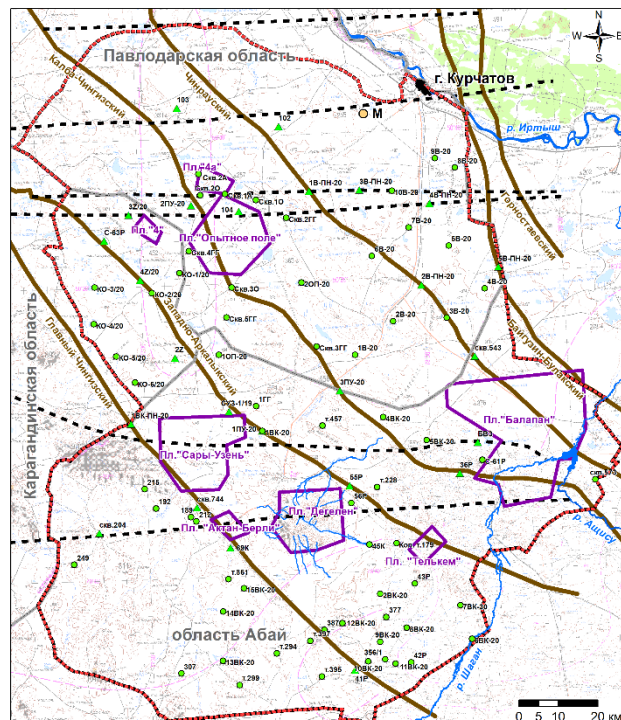
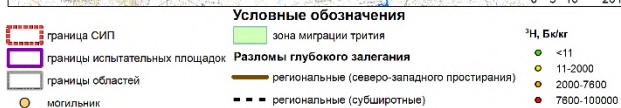
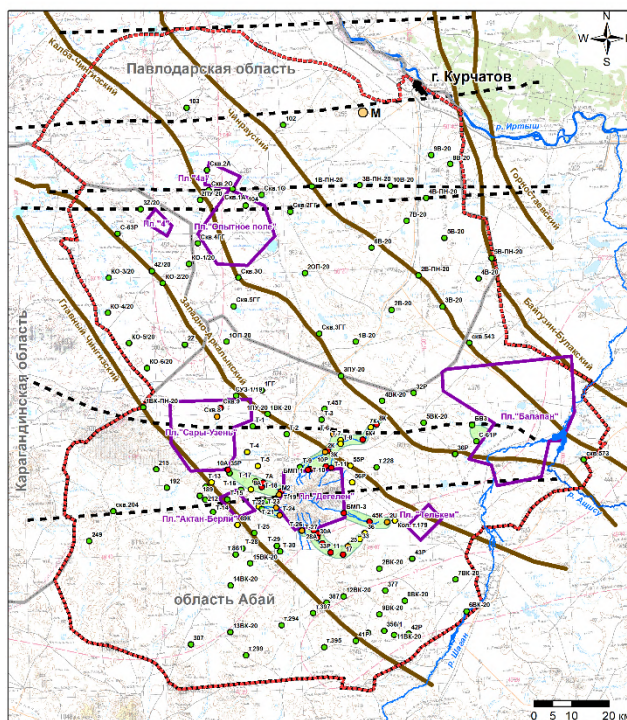
Рисунок 41. Схема расположения скважин для изучения грунтовых вод

Грунтовые воды на обследуемой территории СИП связаны с линзами и прослоями щебнистых песков среди глинистых и суглинистых отложений четвертичного возраста. Глубина их залегания изменяется до 60 м. Во всех пробуренных скважинах отобраны 66 проб воды.

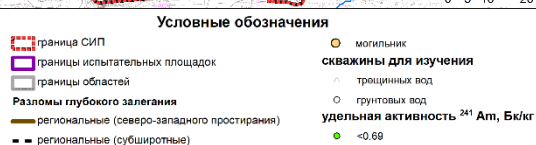
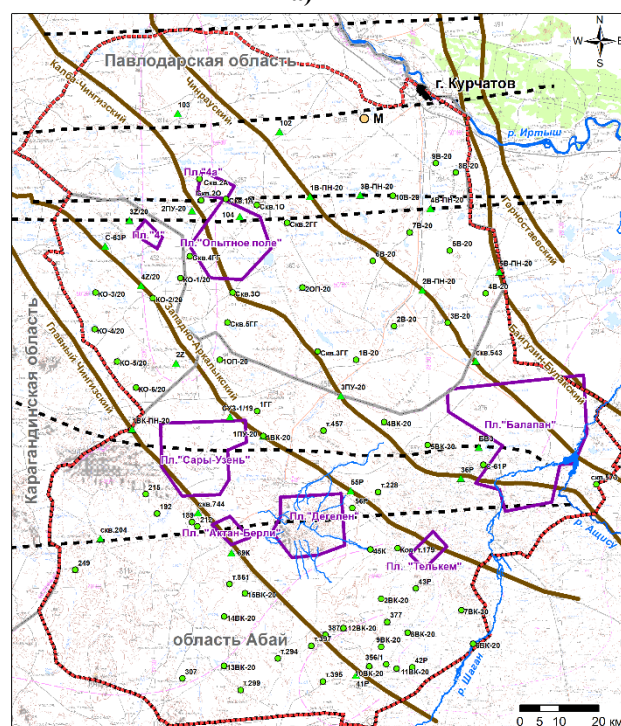
Отбор проб, подготовка к лабораторным анализам и определение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr и ^3H в воде выполнялось в соответствии с методиками, представленными в приложении (Приложение 3).

Значения удельной активности радионуклидов в воде пересчитаны на 01.01.2024 г., с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70] и представлены в таблице (Приложение 14). По представленным данным можно отметить, что значения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в грунтовых и трещинных водах находятся ниже предела обнаружения используемого аппаратно-методического обеспечения и составляют $<0,02$ Бк/кг, $<0,02$ Бк/кг, $<0,001$ Бк/кг соответственно. Удельная активность ^{90}Sr – от нижнего предела обнаружения (0,01 Бк/кг) до 4,0 Бк/кг. Таким образом, содержание ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr не превышает значений уровня вмешательства (^{137}Cs – 11 Бк/кг, ^{241}Am – 0,69 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – 0,55 Бк/кг, ^{90}Sr – 4,9 Бк/кг) по содержанию в питьевой воде согласно Гигиеническим нормативам [71].

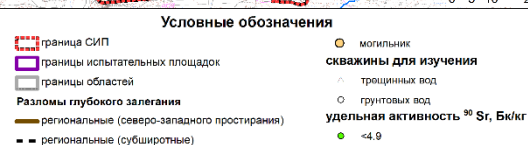
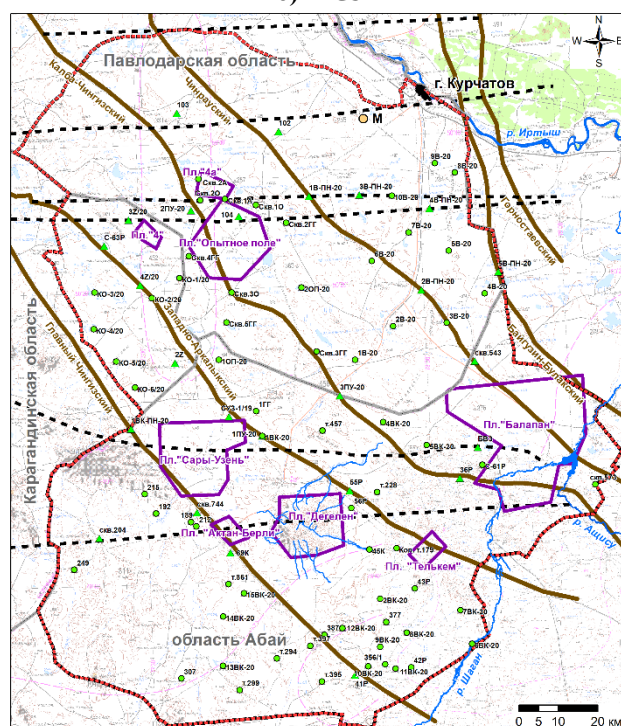
По полученным данным построены карты распределения радионуклидов ^3H , ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в подземных водах на территории СИП (Рисунок 42).



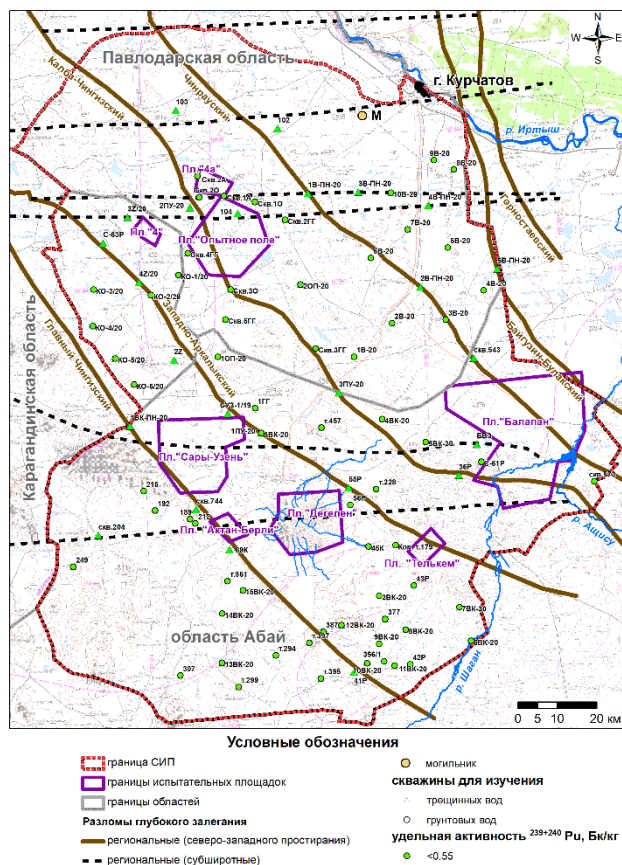
а) ^3H



в) ^{241}Am



г) ^{90}Sr



д) $^{239+240}\text{Pu}$

Рисунок 42. Распределение радионуклидов в подземных водах СИП

Из рисунка (Рисунок 42, а) видно, удельная активность радионуклида ^3H в воде варьирует от нижнего предела обнаружения (8 Бк/кг) до 100000 Бк/кг. Значения с повышенными значениями трития установлены за границами площадки «Дегелен» и «Балапан». За границами площадки «Дегелен» установлены зоны миграции трития, приуроченные к подземным водам, распространенным вдоль русел ручьев Узунбулак, Байтлес, Карабулак и Алтыбай. Данные ручьи находятся в локальных водосборных бассейнах протяженностью до 20 км, где питание, транзит и разгрузка происходят в пределах этих бассейнов. Поэтому миграция радионуклидов с подземными водами за пределы площадки «Дегелен» ограничена.

В пределах юго-западной части площадки «Балапан» в районе озера Кишкенсор установлена локальная зона миграции загрязненных подземных вод за пределы площадки. На данном участке отмечено поступление загрязненных трещинных вод с территории площадки в грунтовые, а затем в поверхностные воды озера. Во всех выделенных зонах миграции трития зафиксированы точки с превышением уровня вмешательства для ^3H (7600 Бк/кг) согласно Гигиеническим нормативам [71].

Выводы по разделу «Определение содержания радионуклидов в подземных водах»

По результатам обследования подземных вод на территории СИП зафиксирована миграция радионуклидов за пределы испытательных площадок «Дегелен» и «Балапан». Это связано с тем, что горизонт подземных вод в районе площадки «Дегелен» находится в зоне влияния водотоков из штолен, протекающих по основным водным артериям горного массива Дегелен, а также участков на юго-западной части площадки «Балапан», где наблюдается миграция техногенных радионуклидов в районе озера Кишкенсор.

При этом, на остальной части территории СИП уровни содержания радионуклидов ^3H , ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в подземных водах не превышают нормативные значения согласно Гигиеническим нормативам.

Стоит отметить, что на территории СИП основным вектором движения подземных вод по зонам тектонических разломов является северо-западное направление. Зоны тектонических разломов играют основную роль в распределении водных ресурсов, где скорость движения подземных вод более интенсивная по сравнению с водами окружающих пород. В связи с чем, зоны разломов в центральной части СИП будут оставаться в составе территории СЗЯБ, как зоны наблюдения за возможным поступлением загрязненных подземных вод из мест проведения ПЯВ. Поступление загрязненных подземных вод возможно: по Главному Чингизскому разлому с площадки «Сары-Узень»; по Западно-Аркалыкскому с площадки «Дегелен» и «Сары-Узень»; по Калба-Чингизском, Чинраускому и Байгузин-Булакскому с площадки «Балапан».

2.3 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Обследование радиационного состояния атмосферного воздуха выполнялось с целью оценки степени радиоактивного загрязнения воздушной среды в районе обследования.

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 [2].

В соответствии с методикой комплексного экологического обследования определение среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе выполняется экспериментальным или расчетным методом [2]. Расчетный метод применяется в случае, когда определить среднегодовую объемную активность радионуклидов в атмосферном воздухе экспериментальным методом не представляется возможным.

2.3.1 Определение разовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе

Согласно методике по проведению комплексного экологического обследования, количество точек отбора проб воздушных аэрозолей, располагающихся равномерно по району обследования, составляет не менее 1 пробы на 200 км^2 [2].

Для определения среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе на территории СИП экспериментальным методом был выполнен отбор проб воздушных аэрозолей выполнен в 168 точках. Точки отбора проб воздушных аэрозолей располагались равномерно по всей территории СИП. Схема расположения точек обследования представлена на рисунке (Рисунок 43).

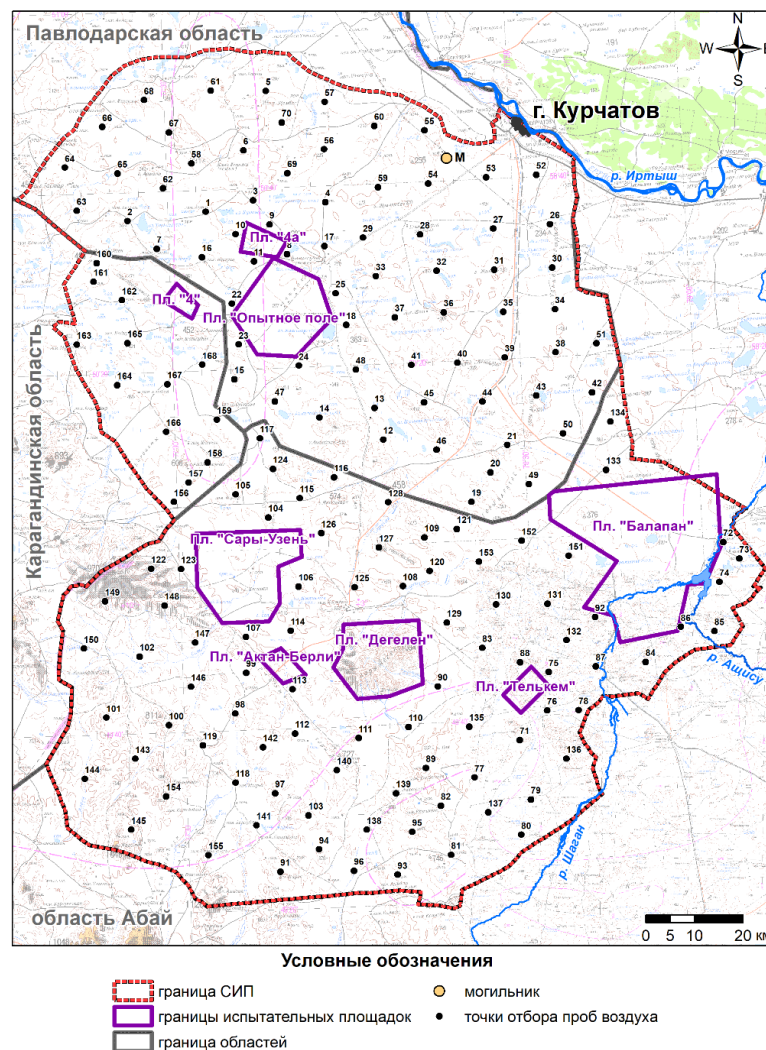


Рисунок 43. Схема расположения точек отбора проб атмосферного воздуха

Для определения степени загрязнения атмосферного воздуха радиоактивными аэрозолями отбор проб проводился аспирационным методом с помощью фильтровентиляционной установки через тонковолокнистый фильтр Петрянова в соответствии с СТ РК СТБ 1058-2006 [2, 77].

Определение объемной активности радионуклидов воздухе выполнялось в соответствии с методиками, представленными в приложении (Приложение 3).

Значения объемной активности радионуклидов пересчитаны на 01.01.2024 г., с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70] и представлены в приложении (Приложение 15).

Численных разовых значений объемной активности радионуклидов ^{241}Am и ^{90}Sr в воздухе на исследуемой территории СИП не обнаружено. Объемная активность ^{241}Am и ^{90}Sr во всех пробах атмосферного воздуха находится ниже предела обнаружения аппаратно-методического обеспечения и не превышает $2,0 \times 10^{-3}$ Бк/м³ и $1,0 \times 10^{-3}$ Бк/м³ соответственно и не превышает значения допустимой среднегодовой объемной активности ДОО_{нас} данных радионуклидов, установленных в Гигиенических нормативах и равных $2,9 \times 10^{-3}$ Бк/м³ и $2,7$ Бк/м³ соответственно.

По полученным данным (Приложение 15) построены карты распределения радионуклидов ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$ в атмосферном воздухе на территории СИП (Рисунок 44).

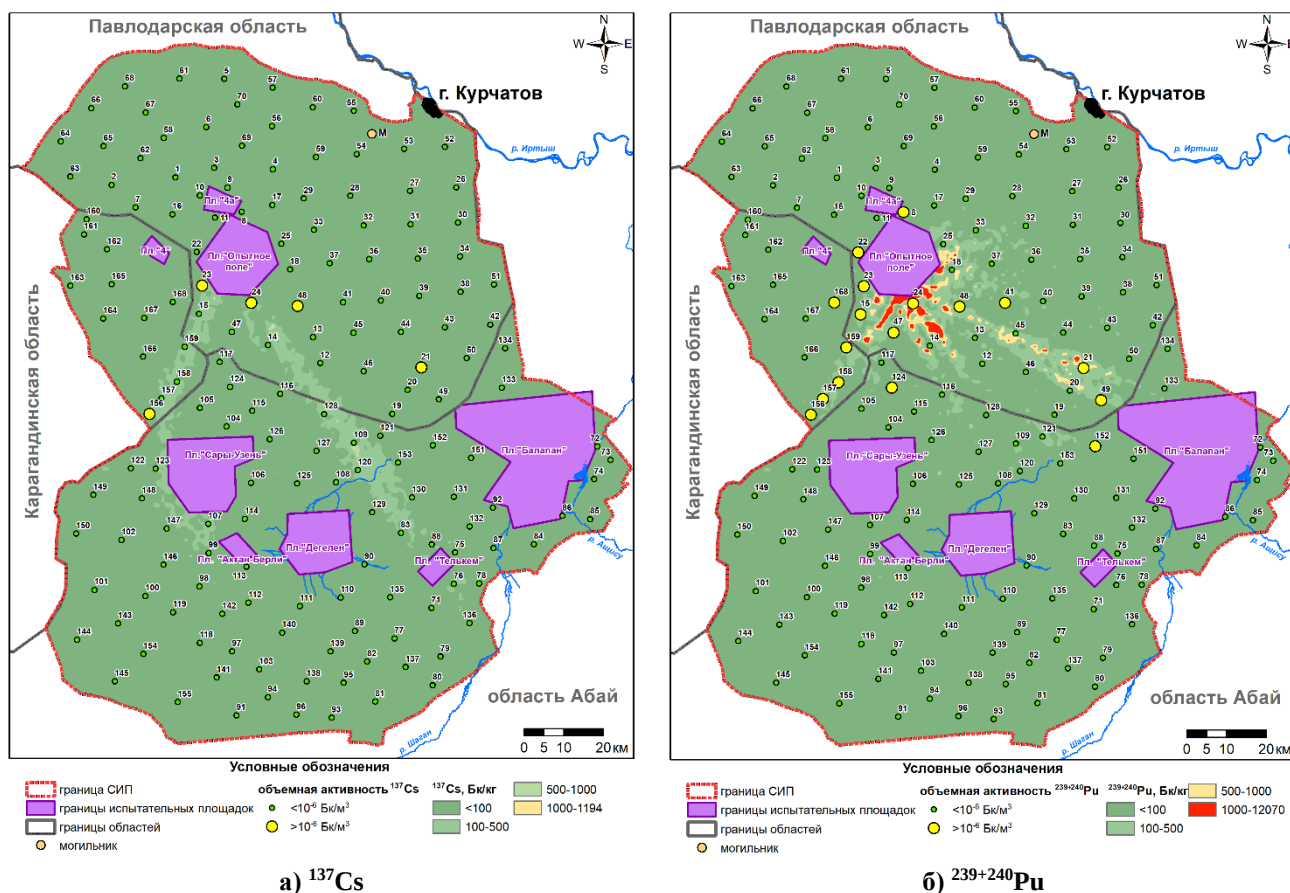


Рисунок 44. Распределение радионуклидов в атмосферном воздухе СИП

На рисунке (Рисунок 44) видно, что максимальные значения объемной активности радионуклидов ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$ располагаются на следах или вблизи следов радиоактивных выпадений. Объемная активность радионуклида ^{137}Cs варьирует от нижнего предела обнаружения ($3,5 \times 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$) до $9,0 \times 10^{-6} \text{ Бк/м}^3$, $^{239+240}\text{Pu}$ – от нижнего предела обнаружения ($1,8 \times 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$) до $1,7 \times 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$, что не превышает значение допустимой среднегодовой объемной активности ДОО_{нас}, установленной в Гигиенических нормативах [71].

2.3.2 Определение среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе расчетным методом

Для определения среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе расчетным методом производился отбор проб верхнего слоя почвенного покрова на глубине 5 см. Отбор проб верхнего слоя почвенного покрова производился в количестве не менее 3 проб в каждой выделенной зоне.

Во всех отобранных пробах верхнего слоя почвенного покрова определяется удельная активность радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr . Во всех отобранных пробах верхнего слоя почвенного покрова выделяется фракция микроагрегатов размером менее 10 мкм.

Во фракции микроагрегатов размером менее 10 мкм, выделенной из всех отобранных проб почвы, определяется удельная активность радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr .

По результатам определения удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова и удельной активности радионуклидов во фракции микроагрегатов размером менее 10 мкм производится расчет среднегодовой объемной активности радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr в атмосферном воздухе.

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

$$A_{v,i} = K_{fi} \times A_{mi,почва} \times \rho_{sus}, \quad (7)$$

где:

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

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

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

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

2.3.1.1 Определение коэффициента $K_{\phi i}$

Коэффициент K_{ϕ} определялся для каждой выделенной зоны. Отбор проб верхнего слоя почвенного покрова осуществлялся в количестве не менее 3 проб в каждой зоне. В каждой выделенной зоне рассчитывалось среднее значение K_{ϕ} .

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

$$K_{\phi,i} = \frac{A_{mi,\phi}}{A_{mi,n}}, \quad (8)$$

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 территории СИП выбраны 168 точек, в которых были отобраны пробы почвы. Отбор проб почвы проводился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017 [2, 69].

Точки отбора проб почвы располагались в зонах, различающихся по степени радиоактивного загрязнения:

- 1) область повышенных значений ^{137}Cs (след 1951 г.);
- 2) область повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.);
- 3) область повышенных значений ^{241}Am ;
- 4) остальная часть территории СИП.

Схема расположения точек отбора проб почвы для последующего определения среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе расчетным методом представлена на рисунке (Рисунок 45).

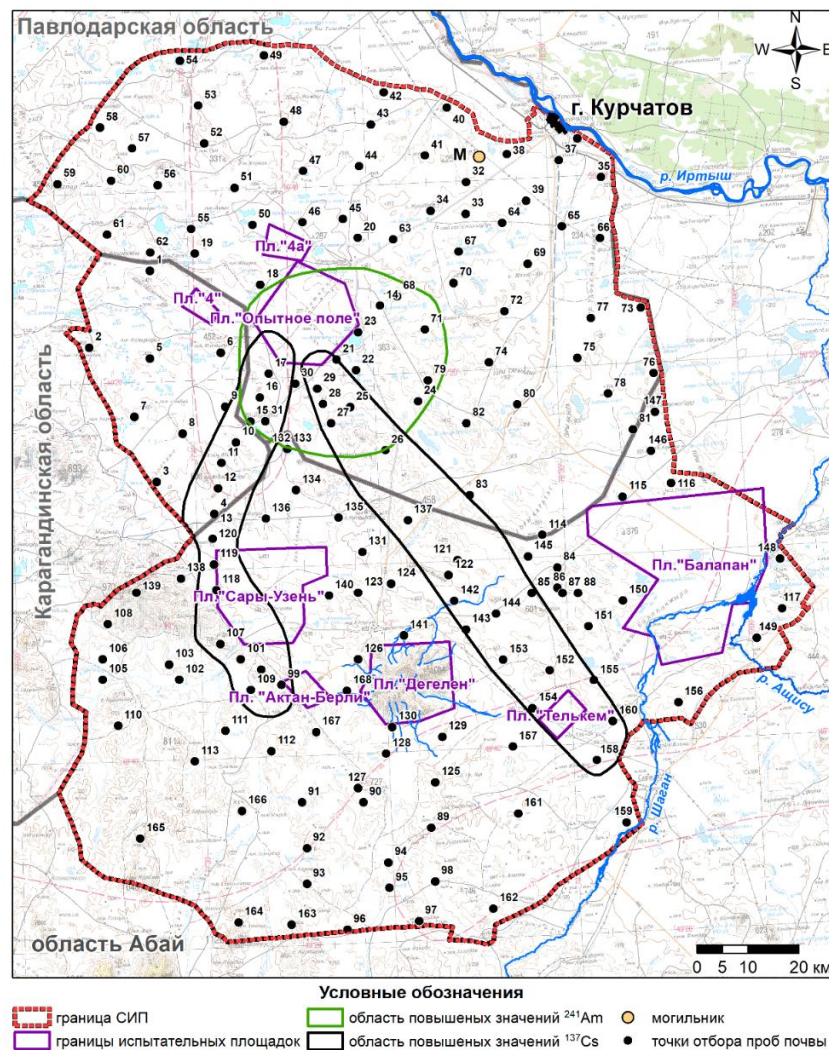


Рисунок 45. Схема расположения точек отбора проб почвы

Всего было отобрано 168 проб почвы.

Выделение из проб почвы фракции почвы размером <10 мкм выполнялось методом седиментации в водной среде [78].

Определение удельной активности радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr в пробах почвы выполнялось в соответствии с методиками, представленными в приложении (Приложение 3).

Значения удельной активности радионуклидов пересчитаны на 01.01.2024 г., с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70].

Значения коэффициентов K_{fi} для радионуклидов рассчитаны по формуле (8) и представлены в приложении (Приложение 16).

Согласно полученным результатам (Приложение 16), для области повышенных значений ^{137}Cs (след 1951 г.) содержание ^{137}Cs в почве, неразделенной на фракции, варьируют в пределах от $3,10 \pm 0,64$ до $680,81 \pm 136,16$ Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от $4,65 \pm 0,91$ до $776,98 \pm 153,18$ Бк/кг. Среднее значение коэффициента K_{fCs} для данной зоны составляет 1,58. Удельная активность ^{90}Sr в почве, неразделенной на фракции, варьирует от нижнего предела обнаружения (1,4 Бк/кг) до 872 ± 218 Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от нижнего предела обнаружения (16 Бк/кг) до 639 ± 75 Бк/кг. Среднее значение коэффициента K_{fSr} для данной зоны составляет 1,81.

Для области повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.) содержание ^{137}Cs в почве, неразделенной на фракции, варьирует в пределах от $15,50 \pm 2,74$ до $490,14 \pm 98,03$ Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от $14,59 \pm 2,74$ до $258,44 \pm 53,47$ Бк/кг. Среднее значение

коэффициента $K_{\text{фCs}}$ для данной зоны составляет 0,93. Удельная активность ^{90}Sr в почве, неразделенной на фракции, варьирует в пределах от $4,0 \pm 0,6$ до 3621 ± 572 Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от нижнего предела обнаружения (2,9 Бк/кг) до 195 ± 30 Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{\text{фSr}}$ для данной зоны составляет 0,84.

Для области повышенных значений ^{241}Am содержание радионуклида ^{241}Am в почве, неразделенной на фракции, варьирует от нижнего предела обнаружения (0,5 Бк/кг) до $1488,02 \pm 297,60$ Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от нижнего предела обнаружения (0,4 Бк/кг) до $2044,91 \pm 533,97$ Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{\text{фAm}}$ для данной зоны составляет 5,94. Удельная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в почве, неразделенной на фракции, варьирует от нижнего предела обнаружения (0,2 Бк/кг) до 15000 ± 2000 Бк/кг, во фракциях почвы размером <10 мкм – от нижнего предела обнаружения (5,7 Бк/кг) до 42110 ± 3360 Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{\text{фPu}}$ для данной зоны составляет 6,07.

Для остальной части территории СИП значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs в почве, неразделенной на фракции, варьируют в пределах от нижнего предела обнаружения (0,3 Бк/кг) до $116,41 \pm 23,28$ Бк/кг, ^{90}Sr – от нижнего предела обнаружения (1,0 Бк/кг) до $856,86 \pm 129,83$ Бк/кг, ^{241}Am – от нижнего предела обнаружения (0,2 Бк/кг) до $13,84 \pm 2,97$ Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от нижнего предела обнаружения (0,2 Бк/кг) до 330 ± 30 Бк/кг. Содержание ^{137}Cs во фракциях почвы размером <10 мкм варьирует в пределах от $1,82 \pm 0,36$ до $239,81 \pm 46,56$ Бк/кг, ^{90}Sr – от нижнего предела обнаружения (2,5 Бк/кг) до $645,68 \pm 96,94$ Бк/кг, ^{241}Am – от нижнего предела обнаружения (0,2 Бк/кг) до $21,75 \pm 4,65$ Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от нижнего предела обнаружения (0,2 Бк/кг) до 451 ± 87 Бк/кг. Среднее значение коэффициента $K_{\text{фCs}}$ для данной зоны составляет 2,32, $K_{\text{фSr}}$ – 3,05, $K_{\text{фAm}}$ – 2,04, $K_{\text{фPu}}$ – 5,29.

2.3.1.2 Среднегодовая концентрация взвешенных частиц в атмосферном воздухе

Поскольку СИП находится на территории трех областей – Карагандинской, Павлодарской и Абай, в расчетах использовано среднее значение среднегодовых концентраций взвешенных частиц в атмосферном воздухе ближайших населенных пунктов/постов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха данных областей – г. Караганда, г. Павлодар и г. Семей. Среднее значение среднегодовых концентраций (период с 2014 по 2022 гг.) взвешенных частиц в атмосферном воздухе г. Караганда, г. Павлодар и г. Семей равно $0,0749$ мг/м³ (Таблица 6).

Таблица 6. Значения среднегодовой концентрации взвешенных частиц в атмосферном воздухе для территории СИП

Город	Календарный год	Среднегодовая концентрация взвешенных частиц, мг/м ³	Среднее значение среднегодовых концентраций взвешенных частиц, мг/м ³
Караганда	2018	0,1350	0,1320
	2019	0,1350	
	2020	0,0500	
	2021	0,1600	
	2022	0,1800	
Павлодар	2018	0,0973	0,0816
	2019	0,1199	
	2020	0,1110	
	2021	0,0400	
	2022	0,0400	
Семей	2018	0,0330	0,0112
	2019	0,0160	
	2020	0,0214	
	2021	0,0160	
	2022	0,0400	
Среднее значение			0,0749

Значения среднегодовых концентраций взвешенных частиц в атмосферном воздухе г. Караганда, г. Павлодар и г. Семей представлены РГП «Казгидромет» в ежегодном информационном бюллетене о состоянии окружающей среды Республики Казахстан [79].

2.3.1.3. Расчет среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе

Для расчета среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе территории СИП использованы средние значения коэффициентов K_{ϕ} (Таблица 7).

Таблица 7. Средние значения коэффициентов K_{ϕ}

Коэффициент K_{ϕ}	Значение
Область повышенных значений ^{137}Cs (след 1951 г.)	
K_{ϕ} радионуклида ^{137}Cs	1,58
K_{ϕ} радионуклида ^{90}Sr	1,76
Область повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.)	
K_{ϕ} радионуклида ^{137}Cs	0,91
K_{ϕ} радионуклида ^{90}Sr	0,61
Область повышенных значений ^{241}Am	
K_{ϕ} радионуклида ^{241}Am	5,94
K_{ϕ} радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	6,07
Остальная часть территории СИП	
K_{ϕ} радионуклида ^{137}Cs	2,32
K_{ϕ} радионуклида ^{90}Sr	3,05
K_{ϕ} радионуклида ^{241}Am	2,04
K_{ϕ} радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	5,29

Используя полученные коэффициенты K_{ϕ} (Таблица 7) и значения удельной активности радионуклидов (Приложение 4, Приложение 6, Приложение 8), выполнен расчет среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе для территории СИП по формуле (7).

Расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе для всей территории СИП приведены в приложении (Приложении 13).

Согласно полученным данным (Приложение 17) (Таблица 8.) расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклида ^{137}Cs участка 1 (область повышенных значений ^{137}Cs , след 1951 г.) в воздухе варьируют в пределах от $8,30 \times 10^{-6}$ до $1,06 \times 10^{-4}$ Бк/м³, ^{90}Sr – от $8,32 \times 10^{-6}$ до $1,07 \times 10^{-4}$ Бк/м³.

Расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклида ^{137}Cs участка 2 (область повышенных значений ^{137}Cs , след 1953 г.) в воздухе варьируют в пределах от $1,11 \times 10^{-7}$ до $9,81 \times 10^{-5}$ Бк/м³, ^{90}Sr – от $2,45 \times 10^{-7}$ до $2,17 \times 10^{-4}$ Бк/м³.

Расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклида ^{137}Cs (остальная часть территории СИП) в воздухе варьируют в пределах от $3,74 \times 10^{-8}$ до $7,96 \times 10^{-5}$ Бк/м³, ^{90}Sr – от $4,92 \times 10^{-8}$ до $1,05 \times 10^{-4}$ Бк/м³.

Таблица 8. Расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклидов для области повышенных значений ^{137}Cs и остальной части территории СИП

Значение	Область повышенных значений ¹³⁷ Cs				Остальная часть территории СИП	
	след 1951 г.		след 1953 г.			
	Среднегодовая объемная активность радионуклидов, Бк/м³					
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Минимальное	8,30×10 ⁻⁶	8,32×10 ⁻⁶	1,11×10 ⁻⁷	2,45×10 ⁻⁷	3,74×10 ⁻⁸	4,92×10 ⁻⁸
Максимальное	1,06×10 ⁻⁴	1,07×10 ⁻⁴	9,81×10 ⁻⁵	2,17×10 ⁻⁴	7,96×10 ⁻⁵	1,0,5×10 ⁻⁴
ДОНАС*	27	2.7	27	2.7	27	2.7

Согласно полученным данным (Приложение 17) (Таблица 9) расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклида ^{241}Am участка 1 (область повышенных

значений ^{241}Am) в воздухе варьируют в пределах от $3,56 \times 10^{-7}$ до $5,30 \times 10^{-4}$ Бк/м³, $^{239+240}\text{Pu}$ – от $3,67 \times 10^{-6}$ до $5,47 \times 10^{-3}$ Бк/м³.

Расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклида ^{241}Am участка 2 (остальная часть территории СИП) в воздухе варьируют в пределах от $1,53 \times 10^{-8}$ до $4,74 \times 10^{-6}$ Бк/м³, $^{239+240}\text{Pu}$ – от $2,54 \times 10^{-7}$ до $7,86 \times 10^{-5}$ Бк/м³.

Таблица 10. Расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклидов для области повышенных значений ^{241}Am и остальной части территории СИП

Значение	Область повышенных значений ²⁴¹ Am		Остальная часть территории СИП	
	Среднегодовая объемная активность радионуклидов, Бк/м ³			
	²⁴¹ Am	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Минимальное	3,56×10 ⁻⁷	3,67×10 ⁻⁶	1,53×10 ⁻⁸	2,54×10 ⁻⁷
Максимальное	5,30×10 ⁻⁴	5,47×10 ⁻³	4,74×10 ⁻⁶	7,86×10 ⁻⁵
ДОНас*	2,9·10 ⁻³	2,5·10 ⁻³	2,9·10 ⁻³	2,5·10 ⁻³

Расчетные значения среднегодовой объемной активности на участках вблизи площадок «4» и «4а» в воздухе варьируют в пределах: ^{137}Cs – от $7,17 \times 10^{-7}$ до $2,25 \times 10^{-4}$ Бк/м³, ^{90}Sr – от $1,23 \times 10^{-3}$ до $1,16$ Бк/м³, ^{241}Am – от $1,64 \times 10^{-7}$ до $6,38 \times 10^{-4}$ Бк/м³, $^{239+240}\text{Pu}$ – от $5,67 \times 10^{-6}$ до $1,86 \times 10^{-2}$ Бк/м³.

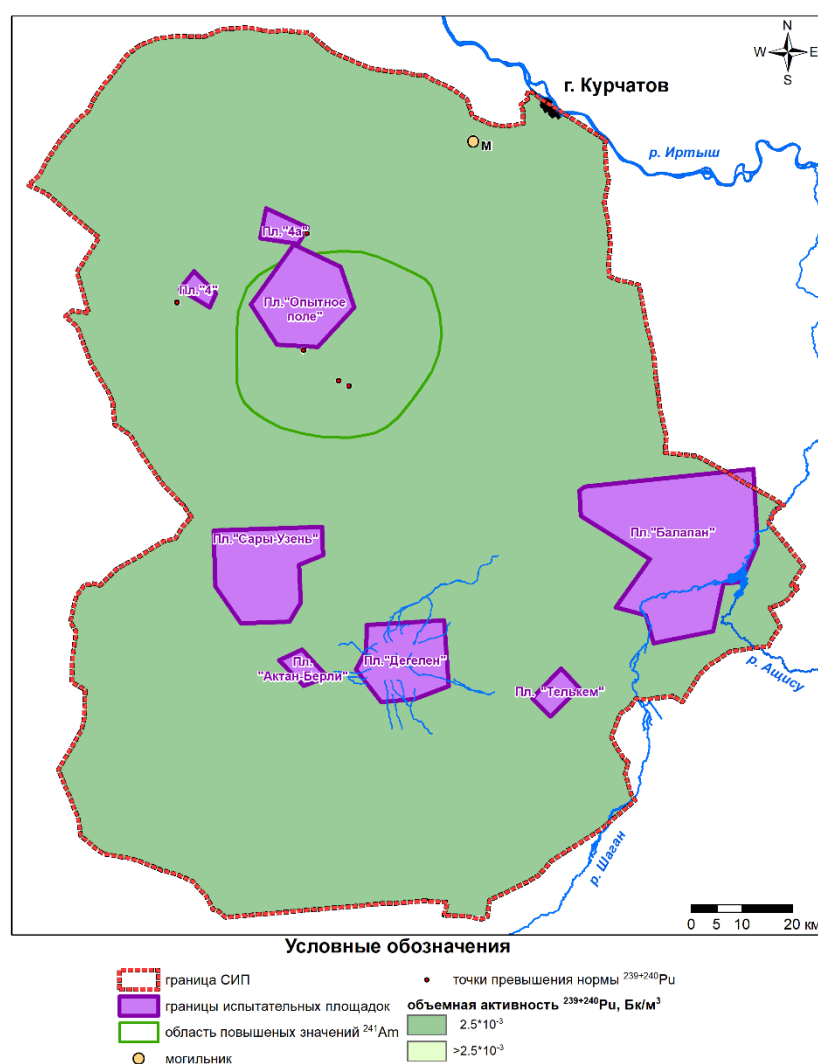


Рисунок 46. Распределение объемной активности $^{239+240}\text{Pu}$ в атмосферном воздухе расчетным методом

Согласно полученным данным в области повышенных значений радионуклидов ^{241}Am наблюдается превышение допустимых значений среднегодовой объемной активности

радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ в 3 пробах, отобранных в области повышенных значений ^{241}Am на прилегающей к площадке «Опытное поле» территории, а также в 4 пробах, отобранных вблизи площадки «4».

Расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе для всей территории обследуемого участка приведены в приложении (Приложение 17).

Согласно полученным данным (Приложение 17) расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклида ^{137}Cs в воздухе варьируют в пределах от $3,74 \times 10^{-8}$ до $5,30 \times 10^{-4}$ Бк/м³, ^{241}Am – от $3,74 \times 10^{-8}$ до $6,38 \times 10^{-4}$ Бк/м³, ^{90}Sr – от $4,92 \times 10^{-8}$ до $1,16$ Бк/м³ – не превышает допустимых значений, для радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr , указанных в Гигиенических нормативах для областей с повышенными значениями радионуклидов и остальной части земельного участка.

Анализ полученных данных (Приложение 17) показал, что расчетные значения среднегодовой объемной активности радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ варьируют от $2,54 \times 10^{-7}$ до $5,47 \times 10^{-3}$ Бк/м³ для данного радионуклида в области повышенных значений ^{241}Am , а также достигают $1,86 \times 10^{-2}$ Бк/м³ на участке вблизи площадки «4», что превышает значение допустимой среднегодовой объемной активности ДОА_{нас}, установленной в Гигиенических нормативах для данного радионуклида [71], для остальной части СИП за пределами испытательных площадок превышения допустимых значений не отмечено.

Выводы по разделу «Радиационное состояние атмосферного воздуха»

Анализ результатов определения разовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе показал, что объемная активность ^{241}Am и ^{90}Sr во всех пробах находится ниже предела обнаружения аппаратурно-методического обеспечения и не превышает $1,7 \times 10^{-3}$ Бк/м³ и $1,0 \times 10^{-3}$ Бк/м³ соответственно, что, в свою очередь, не превышает значений допустимой среднегодовой объемной активности ДОА_{нас}, установленных в Гигиенических нормативах для данных радионуклидов. Максимальные значения разовой объемной активности радионуклидов ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$ располагаются на следах радиоактивных выпадений. Объемная активность радионуклида ^{137}Cs не превышает $9,0 \times 10^{-6}$ Бк/м³, $^{239+240}\text{Pu}$ – $1,7 \times 10^{-5}$ Бк/м³, что также не превышает значений допустимой среднегодовой объемной активности ДОА_{нас}, установленных в Гигиенических нормативах для данных радионуклидов.

В результате определения среднегодовой объемной активности радионуклидов расчетным методом установлено, что содержание радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr в воздухе не превышает значений допустимой среднегодовой объемной активности ДОА_{нас}, установленных в Гигиенических нормативах для данных радионуклидов. Превышение значения среднегодовой объемной активности ДОА_{нас} для радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$, установленного в Гигиенических нормативах, зафиксировано в 7 точках [71]. Точки превышения нормативных параметров расположены в области повышенных значений ^{241}Am от испытаний ядерного оружия, проведенных на площадке «Опытное поле», а также на участке вблизи площадки «4».

2.4 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

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

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

Для определения содержания радионуклидов в растениях применен расчетный метод, который основан на предположении, что основным фактором радиоактивного загрязнения растений в местах, где отсутствуют промышленные предприятия и другие объекты хозяйственной деятельности, является переход радионуклидов из почвы при корневом питании в растения.

Накопление радионуклидов в растениях аэральным путем, т.е. за счет удержания части радиоактивных выпадений из атмосферы на поверхности растений, за счет усвоения радионуклидов из атмосферного воздуха и за счет механического загрязнения растений в

результате вторичного ветрового подъема радионуклидов с поверхности почвы, принято пренебрежительно малым, в связи с низким содержанием радионуклидов в воздушной среде СИП (2.3 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА), и в расчетах не учитывалось.

Для оценки радиационного состояния растительного мира использовался коэффициент накопления $K_{н,i}$, который определяется как отношение удельной активности радионуклидов в растениях к удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова.

Зная содержание радионуклидов в почвенном покрове и используя коэффициент накопления $K_{н,i}$, можно рассчитать удельную активность радионуклидов в растениях.

Для определения значения коэффициента накопления $K_{н,i}$ в каждой выделенной зоне отбиралось не менее 3 проб растений. Отбор растений производился с участка площадью до 6 м² в зависимости плотности произрастания и продуктивности растений. Масса пробы растений составляла не менее 300 грамм. Пробы растений представляли собой смешанные образцы или же отдельные виды растений, составляющие основу кормового рациона животных в районе обследования. Надземная часть травянистых растений срезалась на высоте до 3 см над поверхностью почвы, крупнотравье – на высоте до 6 см, у полукустарников срезался прирост текущего года. На каждом участке отбора проб растений выполнялся отбор 5 проб верхнего слоя почвенного покрова. Четыре пробы верхнего слоя почвенного покрова отбирались по углам участка, одна проба верхнего слоя почвенного покрова отбиралась в центре участка. Пять отобранных проб верхнего слоя почвенного покрова смешивались в одну пробу (смешанная проба). Определение удельной активности радионуклидов выполнялось для смешанной пробы верхнего слоя почвенного покрова. По результатам определения удельной активности радионуклидов в отобранных пробах растений и пробах верхнего слоя почвенного покрова, выполнялся расчет коэффициента накопления $K_{н,i}$ для каждой выделенной зоны [2].

2.4.1. Определение коэффициентов накопления $K_{н}$ радионуклидов в растениях

Коэффициент накопления $K_{н,i}$ радионуклидов в растениях рассчитывался по формуле:

$$K_{н,i} = \frac{A_{pi}}{A_{ni}}, \quad (9)$$

где:

$K_{н,i}$ – коэффициент, определяющий отношение удельной активности i -го радионуклида в растениях к удельной активности i -го радионуклида в верхнем слое почвенного покрова, определяемый для каждой выделенной зоны;

A_{pi} – удельная активность i -го радионуклида в растениях, Бк/кг;

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

Расчет удельной активности радионуклидов в растениях выполнялся по формуле:

$$A_{pi} = K_{н,i} \times A_{ni}, \quad (10)$$

где:

A_{pi} – удельная активность i -го радионуклида в растениях, Бк/кг;

$K_{н,i}$ – коэффициент, определяющий отношение удельной активности i -го радионуклида в растениях к удельной активности i -го радионуклида в верхнем слое почвенного покрова;

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

Для определения коэффициента накопления $K_{н,i}$ на территории СИП заложено 95 точек отбора проб растений и почвы с учетом особенностей ландшафта и основных типов растительности, являющихся основным компонентом кормовой базы травоядных животных, включая домашний скот.

Точки отбора проб располагались:

1) область повышенных значений ¹³⁷Cs (след 1951 г.);

- 2) область повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.);
- 3) область повышенных значений ^{241}Am ;
- 4) остальная часть территории СИП.

Распределение точек отбора также максимально охватывало основные геоботанические контура территории – участки гранитного низкогорья, высокий грядовый и увалистый мелкосопочник, низкий мелкосопочник, делювиально-пролювиальные равнины, а также антропогеннонарушенные территории. Схема расположения точек отбора проб нанесена на топографическую и геоботаническую карты М-43-ХVIII масштаба 1:500000 (Рисунок 47).

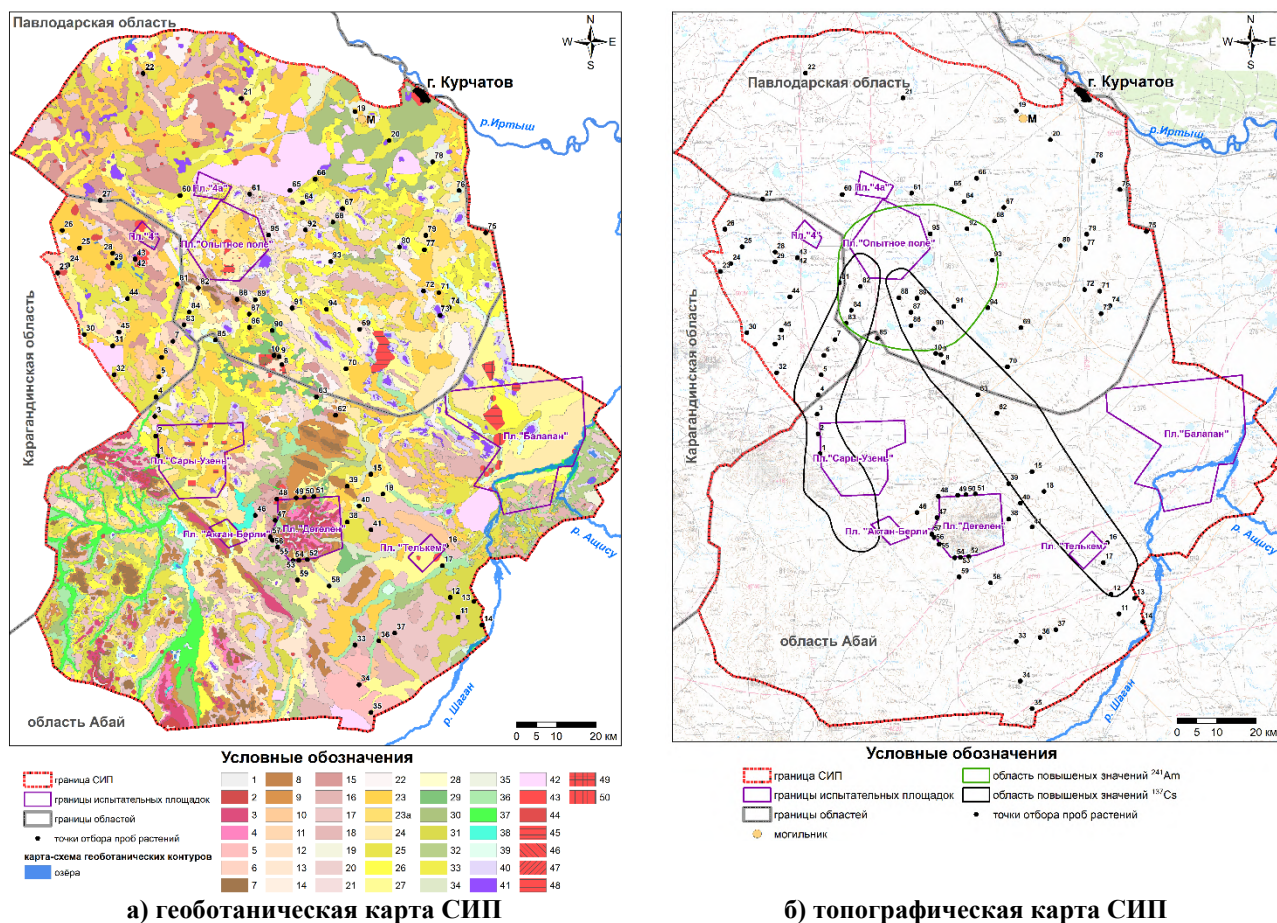


Рисунок 47. Схема расположения точек отбора проб почвы и растений

В каждой заложенной точке проведен отбор пробы почвы и пробы надземной части степного разнотравья с доминированием ковылей (*Stipa capillata*, *S. sareptana*, *S. lessingiana*), типчака (*Festuca valesiaca*) и полыней (*Artemisia gracileccens*, *A. Frigida* и др.). Отбор проб производился в соответствии с методикой [2]. Определение удельной активности радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr в пробах почвы и растений выполнялось в соответствии с методиками, представленными в приложении (Приложение 3).

Значения удельной активности радионуклидов пересчитаны на 01.01.2024 г., с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70] и представлены в приложении (Приложение 18).

По полученным данным (Приложение 18) построены карты распределения радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в растениях на территории СИП (Рисунок 48).

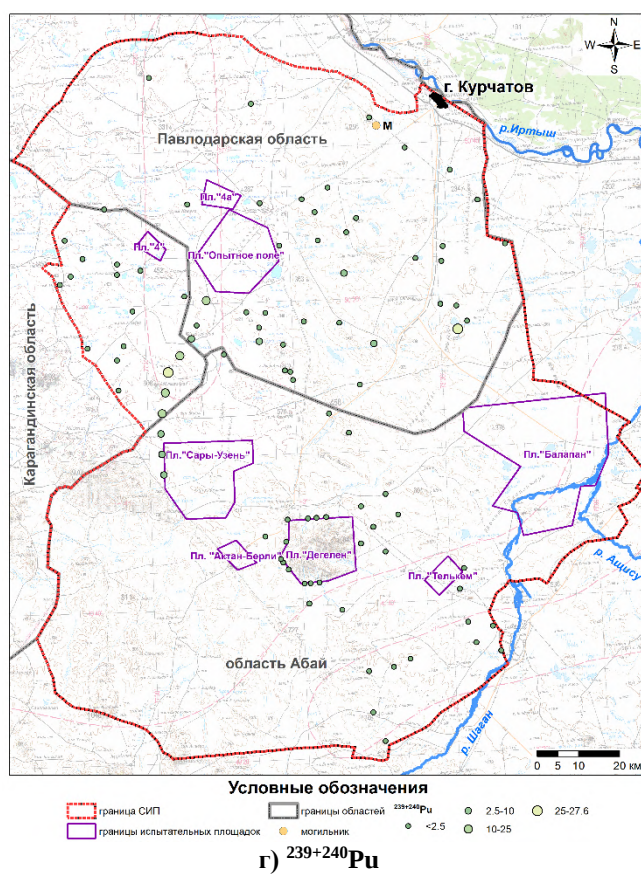
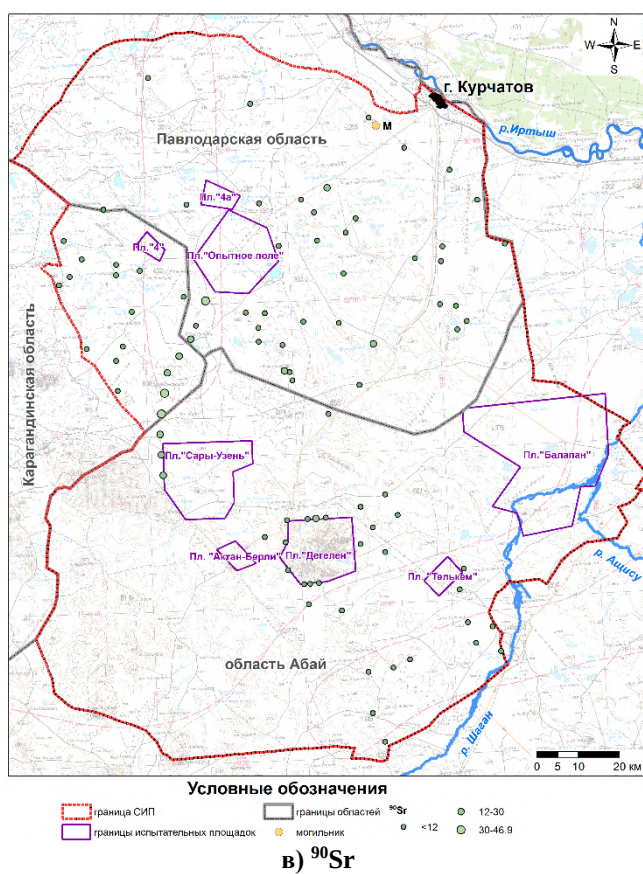
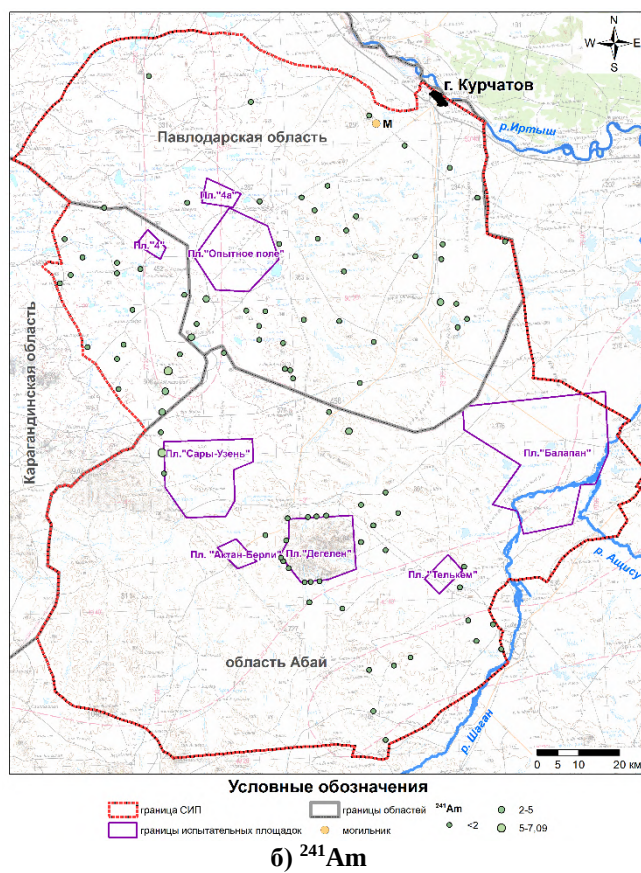
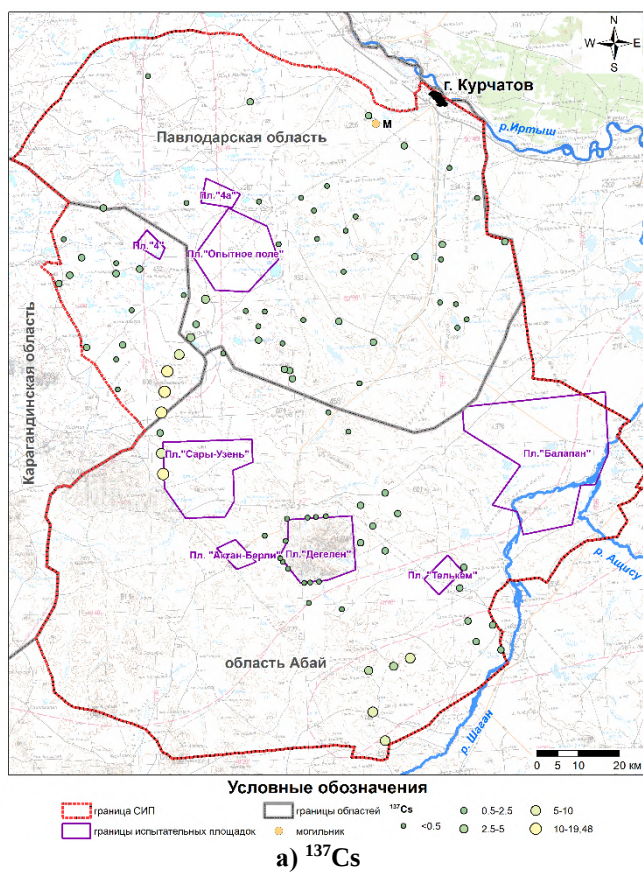


Рисунок 48. Распределение радионуклидов в растениях на территории СИП

Анализ данных (Рисунок 48, Приложение 18) показал, что значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs в растениях варьируют от нижнего предела обнаружения (0,09 Бк/кг) до

19,48±1,05 Бк/кг, ^{90}Sr – от нижнего предела обнаружения (0,01 Бк/кг) до 49,9±5,6 Бк/кг, ^{241}Am – от нижнего предела обнаружения (0,024 Бк/кг) до 7,09±0,72 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от нижнего предела обнаружения (0,01 Бк/кг) до 27,6±1,3 Бк/кг. Точки с максимальным содержанием радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в основном зафиксированы в области следов радиоактивных выпадений от испытаний ядерного оружия, проведенных на площадке «Опытное поле».

По значениям удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в почве и растениях рассчитаны коэффициенты накопления $K_{н,i}$ для растений (Приложение 18).

Согласно полученным результатам (Приложение 18), для области повышенных значений ^{137}Cs (след 1951 г.) значения коэффициента $K_{н,Cs}$ варьируют от 0,0096 до 0,075, $K_{н,Sr}$ – от 0,03 до 0,39. Для области повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.) значения коэффициента $K_{н,Cs}$ варьируют от 0,0021 до 0,021, $K_{н,Sr}$ – от 0,003 до 0,21. Для области повышенных значений ^{241}Am значения коэффициента $K_{н,Am}$ варьируют от 0,0031 до 0,076, $K_{н,Pu}$ – от 0,0001 до 0,10. На остальной части территории СИП значения коэффициента $K_{н,Cs}$ варьируют от 0,0008 до 0,3, $K_{н,Am}$ – от 0,022 до 0,59, $K_{н,Sr}$ – 0,01 до 2,41, $K_{н,Pu}$ – от 0,0008 до 0,43.

2.4.2. Определение удельной активности радионуклидов в растениях на обследуемом земельном участке

Для расчета удельной активности радионуклидов в растениях территории СИП использованы средние значения коэффициентов $K_{н,i}$ (Таблица 11).

Таблица 11. Средние значения коэффициентов накопления $K_{н,i}$ радионуклидов в растениях

Коэффициент $K_{н,i}$	Значение
область повышенных значений ^{137}Cs (след 1951 г.)	
$K_{н}$ радионуклида ^{137}Cs	0,040
$K_{н}$ радионуклида ^{90}Sr	0,150
область повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.)	
$K_{н}$ радионуклида ^{137}Cs	0,0099
$K_{н}$ радионуклида ^{90}Sr	0,060
область повышенных значений ^{241}Am	
$K_{н}$ радионуклида ^{241}Am	0,025
$K_{н}$ радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	0,016
остальная часть территории СИП	
$K_{н}$ радионуклида ^{137}Cs	0,059
$K_{н}$ радионуклида ^{90}Sr	0,38
$K_{н}$ радионуклида ^{241}Am	0,190
$K_{н}$ радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	0,037

Используя полученные коэффициенты накопления $K_{н,i}$ (Таблица 11) и значения удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова (Приложение 4, Приложение 6, Приложение 8), выполнен расчет удельной активности радионуклидов в растениях для всей территории СИП по формуле (10).

Полученные расчетные значения удельной активности радионуклидов в растениях для всей территории СИП приведены в приложении (Приложение 19).

По полученным данным построены карты распределения радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am в растениях на территории СИП (Рисунок 49).

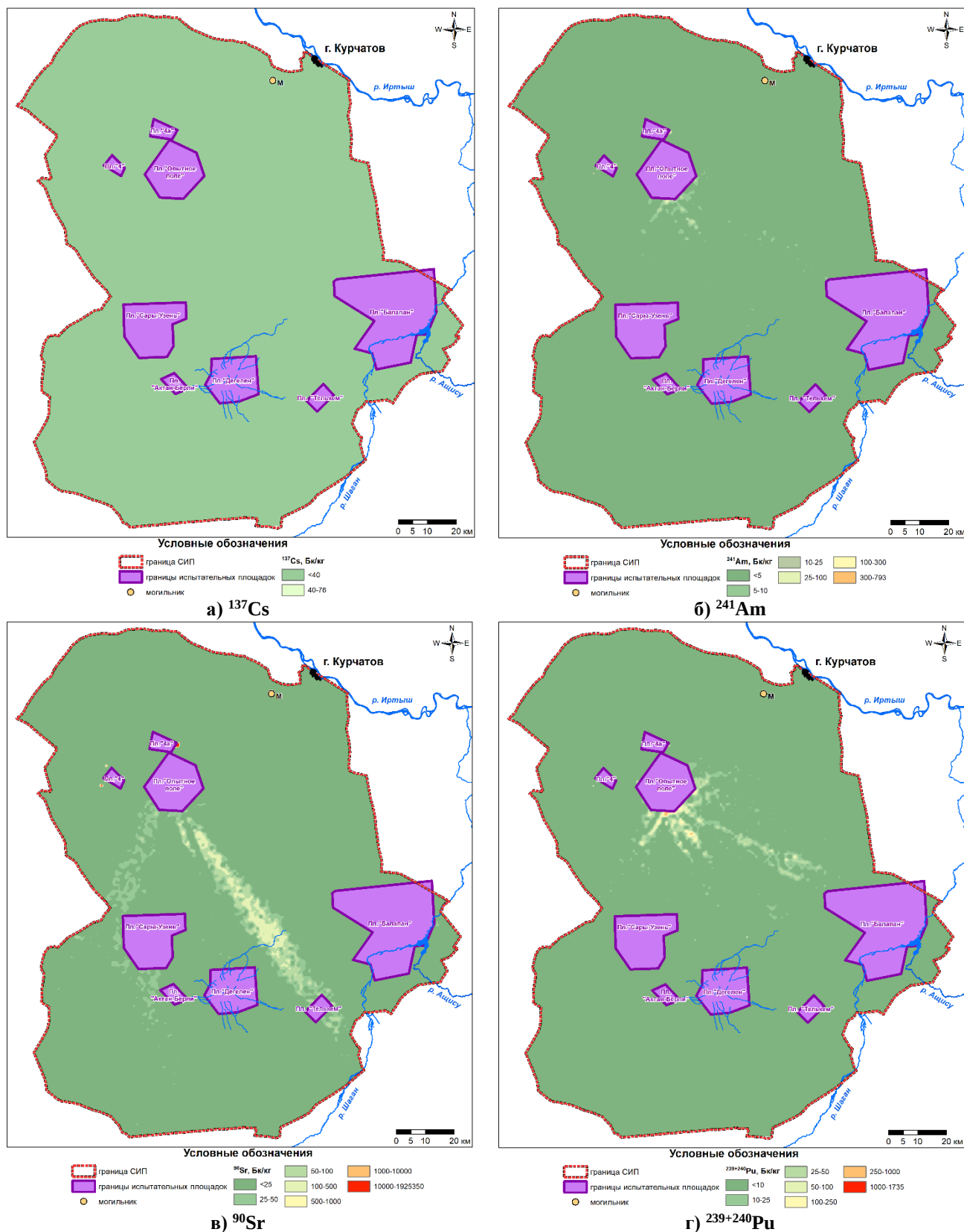


Рисунок 49. Карта распределения радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am в растениях

Согласно полученным данным (Рисунок 49, Приложение 19) расчетные значения удельной активности ^{137}Cs в растениях варьируют в пределах от 0,01 до 76 Бк/кг, ^{241}Am – от 0,02 до 793 Бк/кг, ^{90}Sr – 0,08 до 1925350 Бк/кг и $^{239+240}\text{Pu}$ – 0,02 до 1735 Бк/кг. Точки с максимальным содержанием радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ зафиксированы в областях повышенных значений ^{241}Am и ^{137}Cs , образованных радиоактивными выпадениями от испытаний ядерного

оружия, проведенных на площадке «Опытное поле». Точки, превышающие значения минимально значимой удельной активности открытого источника ионизирующего излучения для радионуклидов ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ ($^{239+240}\text{Pu}$ – 1000 Бк/кг, ^{137}Cs – 10000 Бк/кг и ^{90}Sr – 100000 Бк/кг), установленное в Гигиенических нормативах [71], характерны для участков вблизи испытательных площадок «4» и «4а».

Выводы по разделу «Радиационное состояние растительного мира»

По результатам обследования радиационного состояния растительного мира установлено, что повышенные значения удельной активности ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в растениях, относительно всей территории, зафиксированы в области следов радиоактивных выпадений от ядерных испытаний, проведенных на площадке «Опытное поле». Зафиксировано превышение значения минимально значимой удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ – в 2 точках, ^{90}Sr – в 9 точках, ^{241}Am и ^{137}Cs – не зарегистрировано (^{241}Am – 1000 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – 1000 Бк/кг, ^{137}Cs – 10000 Бк/кг и ^{90}Sr – 100000 Бк/кг), согласно Гигиеническим нормативам.

2.5 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖИВОТНОГО МИРА

Обследование радиационного состояния животного мира на территории СИП 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 и ^{90}Sr в мышечных тканях (в мясе) диких животных [2].

В соответствии с методикой комплексного экологического обследования определение удельной активности техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия, в мясе диких животных, дикой птицы и рыбе выполняется экспериментальным или расчетным методом [2].

2.5.1 Экспериментальное определение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в мышечных тканях (в мясе) диких животных

При экспериментальном методе производился отбор не менее 1 пробы на каждый имеющийся на участке обследования класс животных (рыбы, птицы, млекопитающие), являющихся объектами промысловой и любительской охоты (рыболовства).

Для определения содержания радионуклидов в объектах животного мира выполнен отбор проб мышечных тканей (мяса) с последующим определением содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr во всех отобранных пробах.

Из 45 видов млекопитающих, обитающих на исследуемой территории, 11 относятся к объектам любительской охоты, из них 9 видов являются объектами промысловой охоты. Из 147 видов птиц 22 вида являются объектами любительской охоты, 18 видов – объектами промысловой охоты и 28 видов используются в иных хозяйственных целях (кроме охоты). 3 вида пресмыкающихся из 7 используются в иных хозяйственных целях (кроме охоты) [80].

Для оценки содержания радионуклидов в организме диких животных на территории СИП произведен отбор проб мышечной ткани (мяса) отдельных представителей фауны (млекопитающие – европейская косуля (*Capreolus capreolus*), заяц (*Lepus europaeus*), барсук (*Meles meles*); птицы – серая куропатка (*Perdix perdix*), утка шилохвость (*Anas acuta*), лысуха (*Fulica atra*), утка широконоска (*A. clupeata*), серая утка (*A. strepera*), чирок-свиистунок (*A. crecca*) с последующим определением в них удельной активности техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Всего отобрано 18 проб мышечной ткани (мяса). Точки отбора проб мышечной ткани (мяса) животных (млекопитающих, рыб, птиц) представлены на рисунке (Рисунок 50).

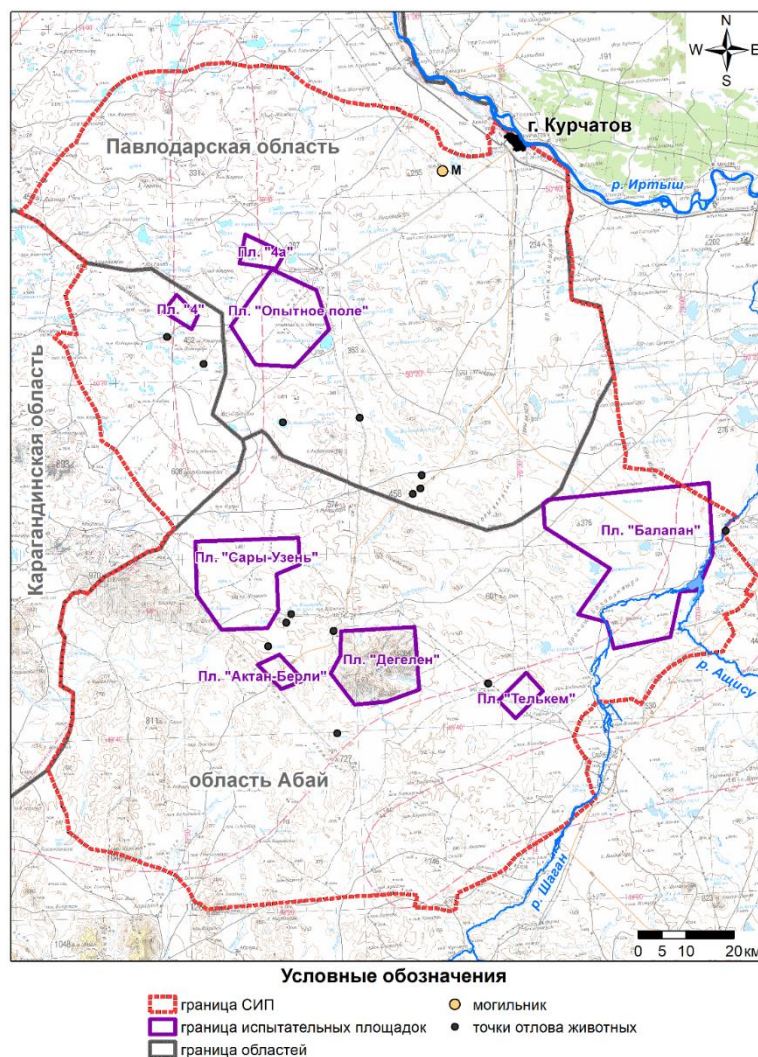


Рисунок 50 Точки отбора проб мышечной ткани (мяса) животных (млекопитающих, рыб, птиц)

Отбор проб мышечных тканей (мяса) животных выполнялся в соответствии с общими требованиями к отбору проб СТ РК 1510-2006 [2, 81]. Подготовка их к анализам, анализ проб приведены в приложении (Приложение 3).

Значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr представлены в таблице (Таблица 12).

Таблица 12. Удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в тканях диких животных (птиц)

Вид животного	Место отбора	Удельная активность, Бк/кг	
		^{137}Cs	^{90}Sr
Европейская косуля (<i>Capreolus capreolus</i>)	район пл. «Дегелен»	<1,1	25±5,5
Сазан (<i>Cyprinus carpio</i>)	река Шаган	0,14±0,04	0,48±0,09
	река Шаган	2,6±0,5	0,9±0,2
Карась (<i>Carassius</i>)	река Шаган	<0,08	0,61±0,09
Чирок-свистунок (<i>Anas crecca</i>)	озеро	<0,09	<0,30
	озеро	0,23±0,10	1,00±0,50
	озеро	0,26±0,11	<0,80
Утка широконоса (<i>A. clupeata</i>)	озеро	0,21±0,10	<0,70
	озеро	<0,13	6,00±0,30
	озеро	0,24±0,05	<0,50

Вид животного	Место отбора	Удельная активность, Бк/кг	
		^{137}Cs	^{90}Sr
Утка шилохвость (<i>Anas acuta</i>)	озеро	0,30±0,06	<0,50
Серая утка (<i>A. strepera</i>)	озеро	0,12±0,04	<0,45
Лысуха (<i>Fulica atra</i>)	озеро	0,19±0,11	<0,60
Заяц (<i>Lepus europaeus</i>)	Район площадки «Опытное поле»	<0,07	<0,20
Серая куропатка (<i>Perdix perdix</i>)		<0,12	<0,40
Серая куропатка (<i>Perdix perdix</i>)		<0,14	<0,40
Серая куропатка (<i>Perdix perdix</i>)		0,18±0,09	<0,20
Барсук (<i>Meles meles</i>)	-	<0,17	<7,00
ДУ в мясе диких животных, птиц (рыбе)		300 (130)	100 (100)

Из таблицы (Таблица 12) видно, что количественные значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs в мышечной ткани животных (птиц, рыб), обитающих на территории СИП изменяются в пределах 0,12-2,6 Бк/кг. Полученные значения не превышают значение допустимого уровня содержания радионуклида ^{137}Cs , указанного в Гигиенических нормативах для мяса диких животных [71]. Удельная активность радионуклида ^{90}Sr изменяется в пределах 0,2-25 Бк/кг. В основном, полученные значения также не превышают значение допустимого уровня содержания радионуклида ^{90}Sr , указанного в Гигиенических нормативах для мяса диких животных, птиц, рыб [71].

2.5.2 Определение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr 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 [2]:

$$A_{m,i,\text{прод}} = V_{\text{корм}} \times A_{m,i,\text{корм}} \times K_{n,i,\text{корм}} \quad (11)$$

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 сайги, козули и лося, как наиболее представительным видам копытных диких животных на территории СИП.

Суточное потребление растительного корма для сайги и козули принято равным 1,2 кг в сутки (как для овец), для лося – 18 кг (как для лошади) [82].

Для определения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr 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 территории СИП.

Схема расположения точек отбора проб фекалий копытных животных нанесена на топографическую карту М-43-ХVIII масштаба 1:500000 (Рисунок 51).

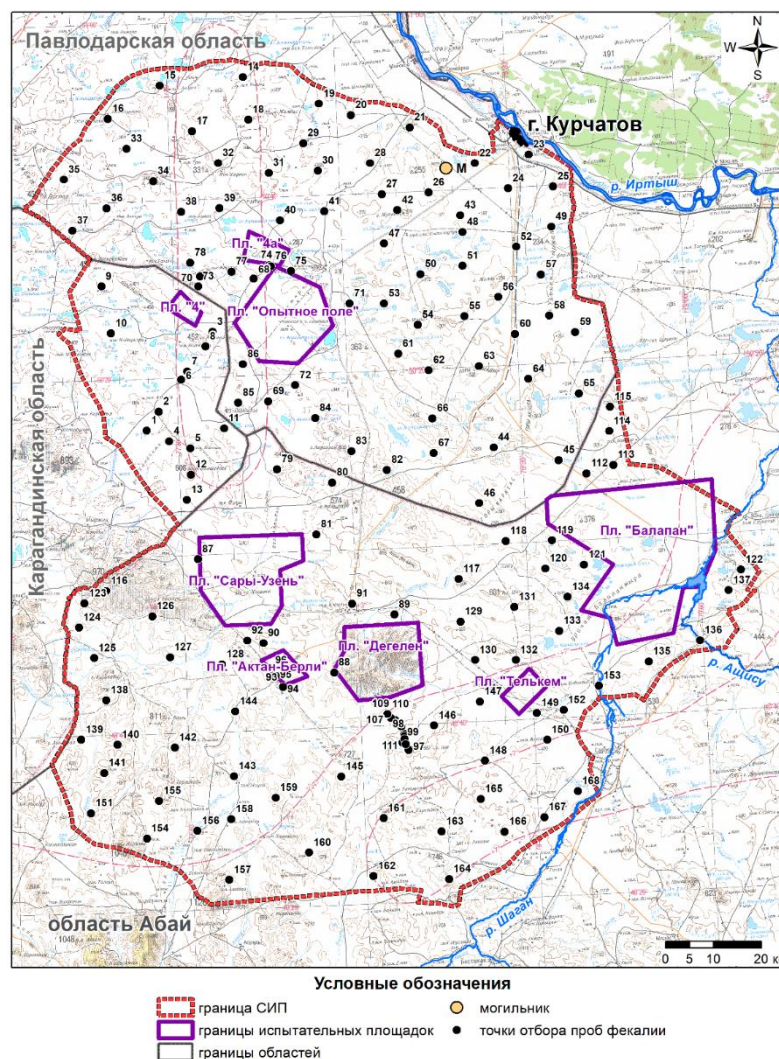


Рисунок 51. Схема расположения точек отбора проб фекалий копытных животных

Методология отбора проб, подготовки их к анализам, анализ проб приведены в приложении (Приложение 3).

Значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в отобранных пробах пересчитаны на 01.01.2024 г. с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70] и представлены в приложении (Приложение 20).

По полученным данным (Приложение 20) построены карты распределения техногенных радионуклидов в фекалиях копытных животных на территории СИП (Рисунок 52).

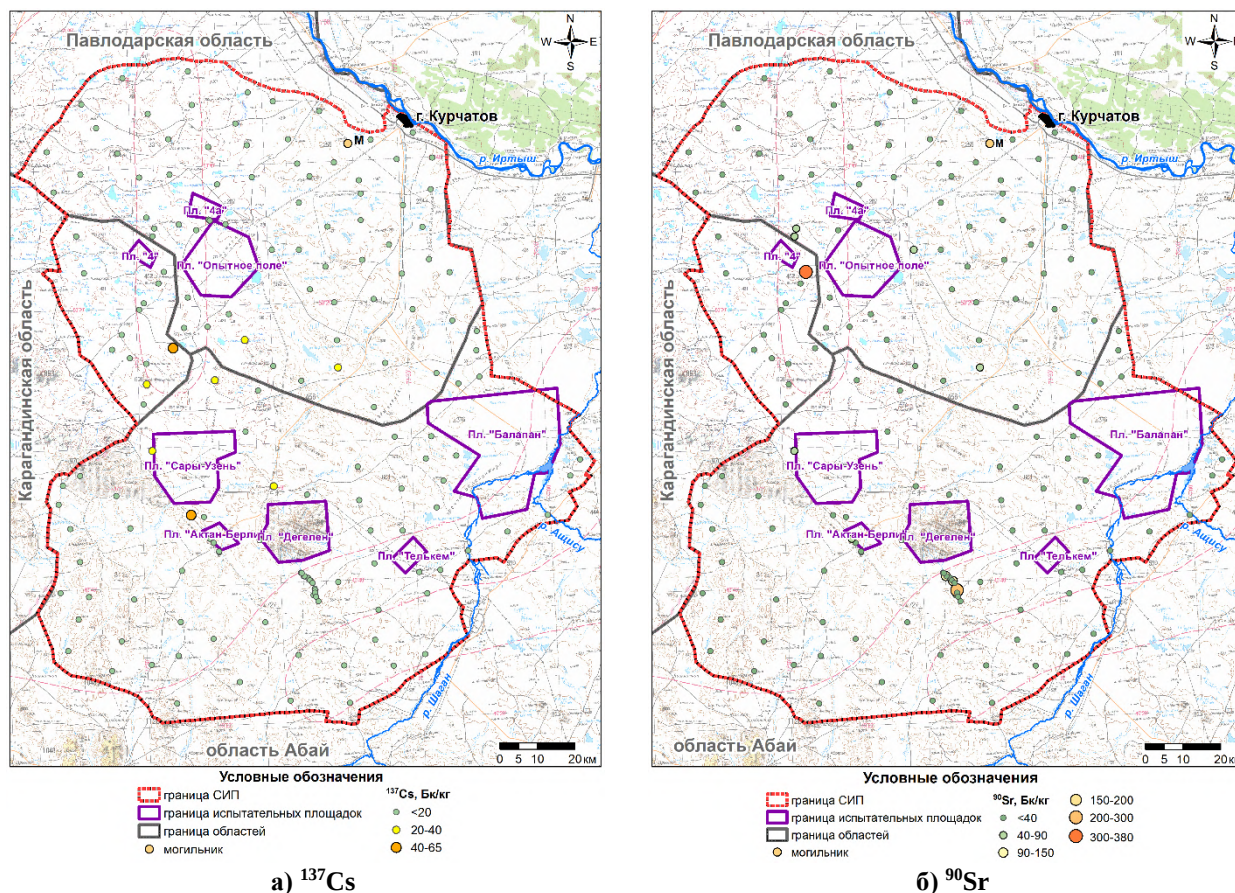


Рисунок 52. Распределение радионуклидов в фекалиях копытных животных СИП

Из рисунка (Рисунок 52) видно, что максимальные значения удельной активности ^{137}Cs в фекалиях копытных животных достигают 65 Бк/кг, ^{90}Sr – 380 Бк/кг.

Коэффициенты перехода радионуклидов в мышечную ткань (мясо) приведены в документе МАГАТЭ – TRS-472 [83]. Оценка проводилась для копытных животных, наиболее распространенных на территории СИП (лось, сайга, косуля). Для сайги и косули взяты коэффициенты перехода радионуклидов в мышечную ткань (мясо), приведенные для овец, для лося – для крупного рогатого скота. В таблице (Таблица 13) приведены средние значения коэффициентов перехода радионуклидов в баранину и говядину.

Таблица 13. Коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию

Вид продукции	К _{п,и,корм} из корма на 1 кг (л) продукции	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Баранина (для сайги, косули)	$2,7 \times 10^{-1}$	$1,7 \times 10^{-3}$
Говядина (для лося)	$2,2 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-3}$

Значения удельной активности радионуклидов в мышечных тканях (в мясе) диких животных расчетным методом рассчитаны по формуле (11) и представлены в таблице (Таблица 14).

Таблица 14. Прогнозируемая удельная активность радионуклидов в мясе диких животных

Вид продукции	Содержание радионуклидов, Бк/кг	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Мясо (сайга, косуля)	1,6	0,03
Мясо (лось)	1,9	0,40
ДУ*	300	100

Примечание: ДУ* – допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в мясе (мышечных тканях) диких животных, установленные в Гигиенических нормативах [71].

Согласно полученным данным (Таблица 14) значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs в мясе диких животных варьируют в пределах от 1,6 до 1,9 Бк/кг, ^{90}Sr – от 0,03 до 0,40 Бк/кг, что не превышает допустимых уровней, указанных в Гигиенических нормативах для мяса диких животных [71].

Выводы по разделу «Радиационное состояние животного мира»

Прямыми измерениями и расчетным методом установлено, что на территории СИП превышения допустимых значений удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в мясе диких животных не ожидается. Прогнозируемые максимальные значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в мясе диких животных меньше нормативных значений в 158 и 250 соответственно.

2.6 РАДИАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, ПРОИЗВОДИМОЙ В РАЙОНЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

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

Однако, в настоящее время на обследуемом земельном участке сельскохозяйственная продукция не производится, так как территория СИП по целевому назначению относится к категории земель запаса, и он, в соответствии со статьей 143 Земельного Кодекса Республики Казахстан от 20 июня 2003 года № 442-ІІ, не может «... передаваться в собственность, постоянное или временное землепользование...» [45]. На расположенных не санкционированно на территории СИП зимовках и летниках производят только животноводческую продукцию.

В случае, если по результатам комплексного экологического обследования СИП не будет представлять радиационной опасности для человека, то он будет рекомендован к выводу из категории земель запаса СИП, в иные категории, в зависимости от их целевого назначения. Следовательно, на территории СИП возможна сельскохозяйственная деятельность, в результате которой будет производится сельскохозяйственная продукция. В этой связи, необходимо спрогнозировать ее радиационное состояние.

Так как на территории СИП растениеводческая продукция не производится, то ее радиационное состояние оценивалось расчетным методом, т.е. рассчитывалось (прогнозировалось) содержание техногенных радионуклидов в сельскохозяйственной продукции. Животноводческая продукция оценивалась как прямым методом, так и расчетным методом.

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

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

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

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

Расчет проводился для таких видов растениеводческой продукции, как пшеница (зерно), картофель (клубни), овощи и фрукты (плоды), поскольку данные для этих сельскохозяйственных культур используются в методике расчета доз внутреннего облучения человека [2, 84].

Для оценки радиационного состояния растениеводческой продукции рассчитывалась удельная активность радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr в ней [2].

Расчет удельной активности радионуклидов в растениеводческой продукции выполнялся по формуле:

$$A_{m,i,\text{прод.}} = A_{mi,0-20} \times K_n \times \frac{K\%}{100}, \quad (12)$$

где:

$A_{m,i,\text{прод.}}$ – удельная активность i -го радионуклида в растениеводческой продукции, Бк/кг;
 $A_{mi,0-20}$ – удельная активность i -го радионуклида в слое почвенного покрова до 20 см, Бк/кг;
 K_n – коэффициент накопления;
 $K\%$ – процент содержания сухого вещества в общей массе растения.

2.6.1.1 Определение удельной активности радионуклидов в слое почвенного покрова до 20 см

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 [85]. 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:

$$A_{i,20} = K_{n,0-20} \times A_i, \quad (13)$$

где:

$K_{n,0-20}$ – коэффициент, определяющий отношение активности i -го радионуклида в слое почвенного покрова до 20 см к удельной активности i -го радионуклида в верхнем слое почвенного покрова для выбранного n -го участка;

A_i – удельная активность i -го радионуклида в верхнем слое почвенного покрова до 5 см, Бк/кг. Значения удельной активности радионуклидов в верхнем слое почвенного покрова представлены в приложении (Приложение 4, Приложение 6, Приложение 8).

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 приложении (Приложение 9).

Полученные значения удельной активности радионуклидов в слоях почвенного покрова, значения коэффициента $K_{n,0-20}$ представлены в приложении (Приложение 21).

Для дальнейшего расчета использовались максимальные значения коэффициента $K_{n,0-20}$ (Таблица 15).

Таблица 15. Максимальные значения коэффициентов $K_{n,0-20}$

Коэффициент $K_{n,0-20}$	Значение
Область повышенных значений ^{137}Cs (след 1951 г.)	
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{137}Cs	0,54
$K_{n,0-20}$ для радионуклида ^{90}Sr	1,67
Область повышенных значений ^{137}Cs (след 1953 г.)	
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{137}Cs	1,09
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{90}Sr	0,99
Область повышенных значений ^{241}Am	
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{241}Am	1,41
$K_{n,0-20}$ для радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	1,44
Остальная часть территории СИП	

Коэффициент $K_{n,0-20}$	Значение
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{137}Cs	1,80
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{90}Sr	4,36
$K_{n,0-20}$ радионуклида ^{241}Am	1,09
$K_{n,0-20}$ радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$	12,98

2.6.1.2 Определение коэффициента переноса радионуклидов из почвы в растения K_n

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 – TRS-472 [85] и приведены в таблице (Таблица 16).

Таблица 16. 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 [[86], 87].

2.6.1.3 Определение процента содержания сухого вещества в растениеводческой продукции

Процент содержания сухого вещества в сельскохозяйственной продукции представлен в таблице (Таблица 17).

Таблица 17. 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).

2.6.1.4 Расчет удельной активности радионуклидов $A_{mi,prod}$ в растениеводческой продукции

Значения удельной активности радионуклидов $A_{mi,prod}$ в слое почвенного покрова до 20 см в каждой точке обследования рассчитаны по формуле (12) и представлены в приложении (Приложение 22).

Средние значения удельной активности радионуклидов $A_{mi,prod}$ в растениеводческой продукции представлены в таблице (Таблица 18).

Таблица 18. Средние значения удельной активности радионуклидов $A_{mi,prod}$

Культура	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг					
	^{241}Am	^{137}Cs	ДУ*	^{90}Sr	ДУ*	$^{239+240}\text{Pu}$
Пшеница (зерно)	0,06	0,04	70	7,02	40	0,51
Картофель (клубни)	0,03	0,17	120	2,86	40	0,15
Овощи	0,01	0,33	120	9,48	40	0,24
Фрукты (плоды)	0,04	0,65	40	12,99	30	0,01

Культура	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг					
	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	ДУ*	⁹⁰ Sr	ДУ*	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Примечание: ДУ* – допустимые уровни содержания радионуклидов ¹³⁷ Cs и ⁹⁰ Sr в растениеводческой продукции, установленные в Гигиенических нормативах [71].						

Согласно полученным данным (Таблица 18), средние значения удельной активности радионуклида ¹³⁷Cs в растениеводческой продукции составляют: пшеница – 0,04 Бк/кг, картофель – 0,17 Бк/кг, овощи – 0,33 Бк/кг и фрукты – 0,65 Бк/кг; ⁹⁰Sr – 7,02 Бк/кг, 2,86 Бк/кг, 9,48 Бк/кг и 12,99 Бк/кг соответственно, что не превышает допустимых уровней, указанных в Гигиенических нормативах для растениеводческой продукции [71]. Удельная активность радионуклида ²³⁹⁺²⁴⁰Pu составляет: пшеница – 0,51 Бк/кг, картофель – 0,15 Бк/кг, овощи – 0,24 Бк/кг и фрукты – 0,01 Бк/кг; ²⁴¹Am – 0,06 Бк/кг, 0,03 Бк/кг, 0,01 Бк/кг и 0,04 Бк/кг соответственно. Содержание радионуклидов ²⁴¹Am и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в растениеводческой продукции не нормируется.

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

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

2.6.2 Радиационное состояние животноводческой продукции, которая может быть произведена в районе обследования

Территория СИП классифицируется, в соответствии с целевым назначением, как земли запаса. Согласно п.2 статьи 143 Земельного кодекса РК, на территории земельных участков, подвергшихся радиоактивному загрязнению, запрещено производство сельскохозяйственной продукции на этих землях и ее реализация.

В соответствии с методикой комплексного экологического обследования определение удельной активности техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия, в животноводческой продукции выполняется расчетным методом [2]. Расчетный метод определения удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции основан на измерении фекалий травоядных животных, отобранных на территории СИП, 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:

$$A_{m,i,prod} = V_{корм} \times A_{m,i,корм} \times K_{n,i,корм} \quad (14)$$

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

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

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

Для определения удельных активностей радионуклидов в продукции животноводства расчетным методом на участках возможного выпаса производился отбор проб фекалий копытных животных (не менее 3 проб фекалий копытных животных в каждой выделенной зоне) [2]. Для определения удельной активности радионуклидов в корме животных отобрано 168 проб фекалий в точках, расположенных приблизительно равномерно по всей территории СИП.

Схема расположения точек отбора проб фекалий нанесена на топографическую карту М-43-ХVIII масштаба 1:500000 (Рисунок 53).

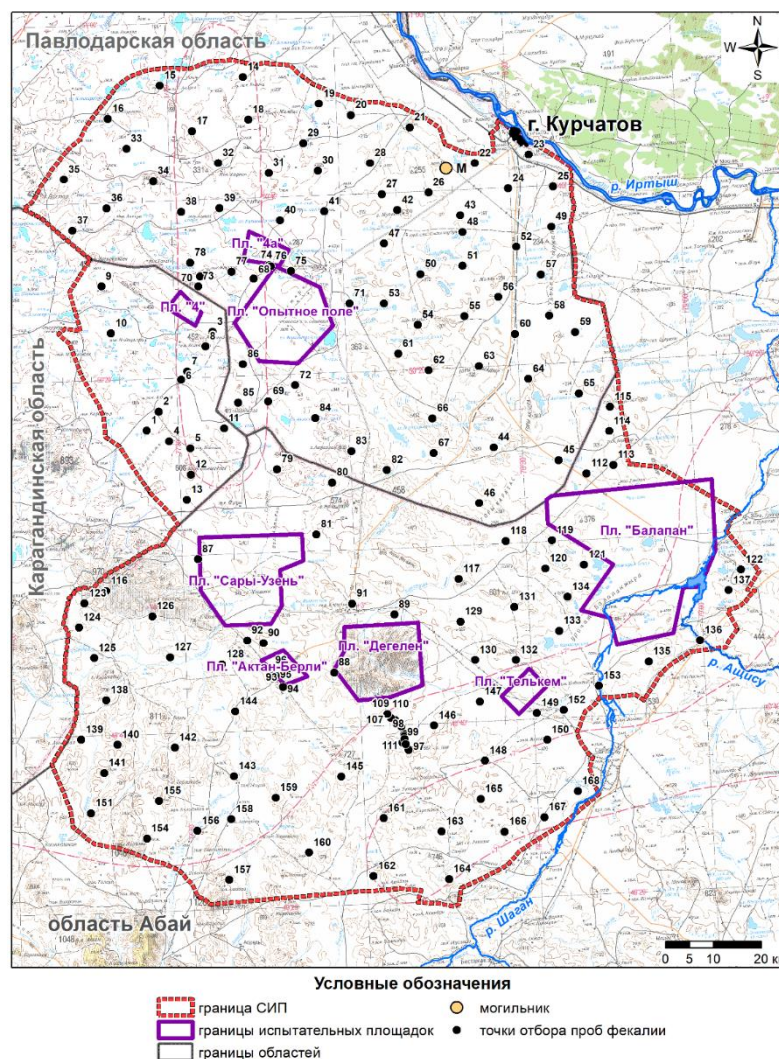
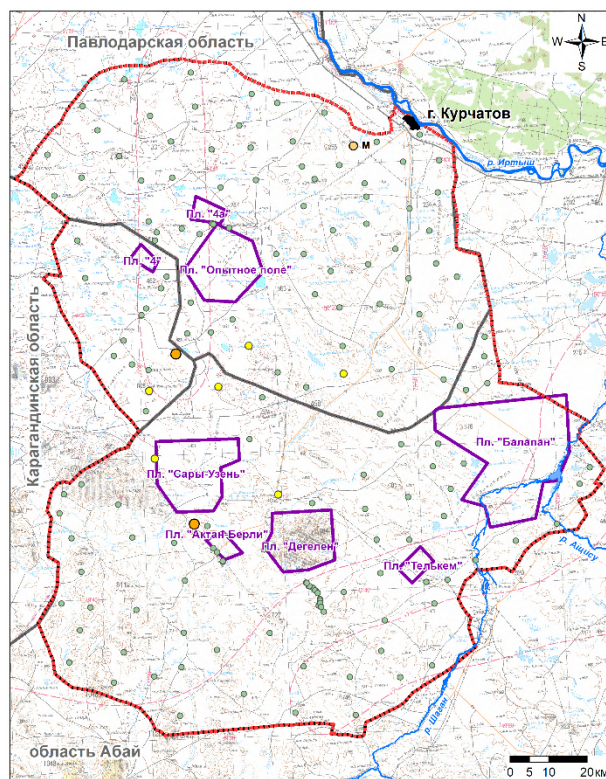


Рисунок 53. Точки отбора проб фекалий копытных животных

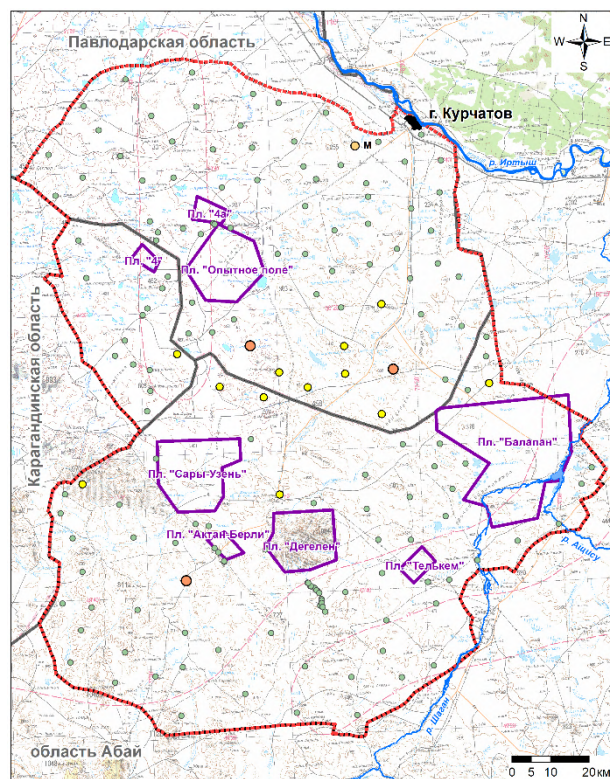
Методология отбора проб, подготовки их к анализам, анализ проб приведена в приложении (Приложение 3).

Значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ пересчитаны на 01.01.2024 г. с учетом периода полураспада данных радионуклидов [70] и представлены в приложении (Приложение 20).

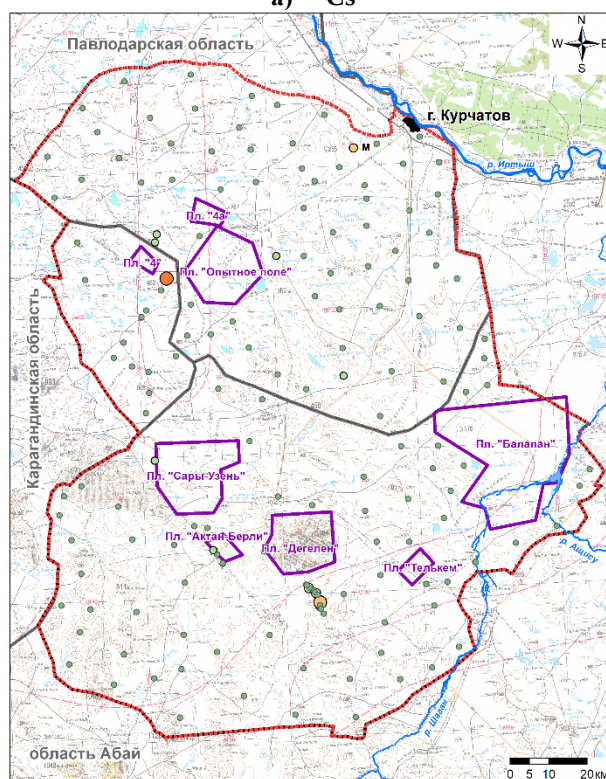
По полученным данным (Приложение 20) построены карты распределения радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в фекалиях копытных животных на территории СИП (Рисунок 54).



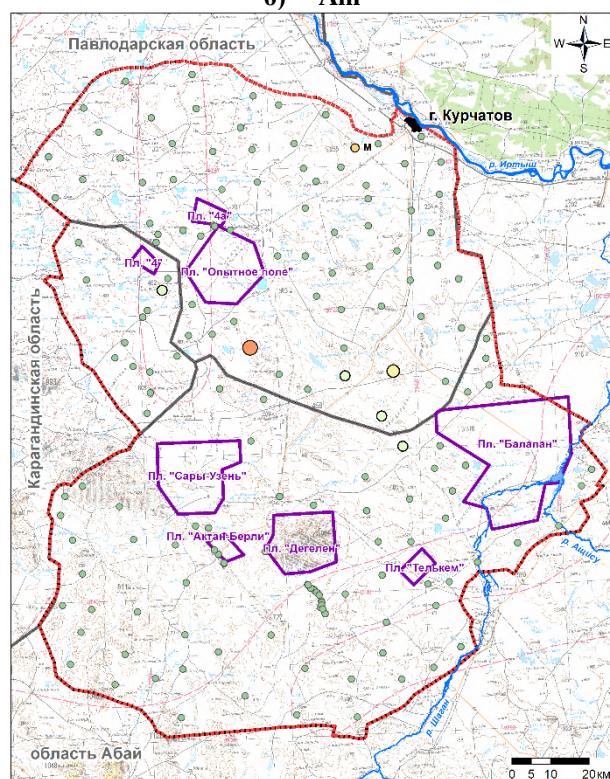
а) ^{137}Cs



б) ^{241}Am



в) ^{90}Sr



г) $^{239+240}\text{Pu}$

Рисунок 54. Распределение радионуклидов в фекалиях копытных животных СИП

Из рисунка (Рисунок 54) видно, что содержание ^{137}Cs в фекалиях копытных животных варьирует от нижнего предела обнаружения (0,1 Бк/кг) до 65 Бк/кг, ^{241}Am – от нижнего предела обнаружения (0,1 Бк/кг) до 18 Бк/кг, ^{90}Sr – от нижнего предела обнаружения (0,7 Бк/кг) до 380 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от нижнего предела обнаружения (0,01 Бк/кг) до 170 Бк/кг.

Для расчета удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции суточное потребление корма овцами принято равным 2 кг/сут., коровами – 15 кг/сут., лошадьми – 18 кг/сут. [82]. На основании этих данных и данных об удельных активностях радионуклидов в фекалиях травоядных 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 (14). Расчет проводился для мясной и молочной продукции. В качестве мясной продукции выбрано мясо овец (баранина), конина и говядина, молочной продукции – коровье молоко, как наиболее распространенные в этом регионе.

Коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию взяты из документа МАГАТЭ TRS-472 («Feed transfer coefficient») [86]. В таблице (Таблица 19) 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 19. 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	$1,9 \times 10^{-1}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$5,3 \times 10^{-5}$
Коровье молоко	$4,6 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$4,2 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-5}$
Говядина	$2,2 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-6}$
Конина	$2,2 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-6}$

Среднее значение удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции представлены в (Таблица 20).

Таблица 20. Среднее значение удельной активности радионуклидов в животноводческой продукции

Радионуклиды	ДУ*, Бк/кг	Удельная активность, Бк/кг
Баранина		
^{137}Cs	200	1,8
^{90}Sr	50	$5,0 \times 10^{-2}$
^{241}Am	-	$2,0 \times 10^{-4}$
$^{239+240}\text{Pu}$	-	$3,0 \times 10^{-4}$
Коровье молоко		
^{137}Cs	100	$3,3 \times 10^{-1}$
^{90}Sr	25	$3,3 \times 10^{-1}$
^{241}Am	-	$5,7 \times 10^{-6}$
$^{239+240}\text{Pu}$	-	$4,2 \times 10^{-4}$
Говядина		
^{137}Cs	200	1,6
^{90}Sr	50	$5,0 \times 10^{-2}$
^{241}Am	-	$6,8 \times 10^{-3}$
$^{239+240}\text{Pu}$	-	$4,6 \times 10^{-5}$
Конина		
^{137}Cs	200	1,9
^{90}Sr	50	$3,9 \times 10^{-1}$

Радионуклиды	ДУ*, Бк/кг	Удельная активность, Бк/кг
^{241}Am	-	$8,1 \times 10^{-3}$
$^{239+240}\text{Pu}$	-	$5,5 \times 10^{-5}$
Примечание: ДУ* – допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в животноводческой продукции, установленные в Гигиенических нормативах [71].		

Согласно полученным данным (Таблица 20) максимальные значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs в мясе и молоке составили $1,9$ Бк/кг и $3,3 \times 10^{-1}$ Бк/кг, ^{90}Sr – $3,9 \times 10^{-1}$ Бк/кг и $3,3 \times 10^{-1}$ Бк/кг соответственно, что не превышает допустимых уровней, указанных в Гигиенических нормативах для мясомолочной продукции [71]. Максимальные значения удельной активности радионуклида ^{241}Am в мясе и молоке составили $5,7 \times 10^{-6}$ Бк/кг и $8,1 \times 10^{-3}$ Бк/кг соответственно, $^{239+240}\text{Pu}$ – $3,0 \times 10^{-4}$ Бк/кг и $4,2 \times 10^{-4}$ Бк/кг соответственно. Содержание радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в мясомолочной продукции не нормируется.

Выводы по разделу «Радиационное состояние животноводческой продукции, производимой в районе обследования»

По результатам обследования радиационного состояния животноводческой продукции установлено, что в случае ведения сельскохозяйственной деятельности на территории СИП вне испытательных площадок превышения значений удельной активности техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в мясомолочной продукции не ожидается, удельная активность радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в мясомолочной продукции не нормируется.

2.7 ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПЛОЩАДКИ ПОЛИГОНА

Территории испытательных площадок в наибольшей степени подверглась загрязнению вследствие проведенных испытаний при этом участки загрязнения носят локальный, пятнистый характер, а в некоторых случаях основная часть отходов ядерной деятельности сконцентрирована в приповерхностном слое. В связи с этим территория испытательных площадок полигона не рассматривается для передачи в хозяйственный оборот до ликвидации всех последствий проведенных испытаний.

Комплексное экологическое обследование территории СИП показало, что основная масса исследуемых техногенных радионуклидов сосредоточена в местах проведения ядерных испытаний и неядерных экспериментов (испытания боевых радиоактивных веществ, гидроядерные и гидродинамические) – на испытательных площадках «Опытное поле», «Дегелен», «Балапан», «Сары-Узень», «Телькем», «Актан-Берли», «4», «4А». Обследование на территории испытательных площадок осуществлялось согласно утвержденной методике по проведению комплексного экологического обследования [2].

Результаты многолетних работ представлены в радиологических паспортах испытательных площадок (Приложение 23).

В процессе обследования СИП установлено, что характер радиоактивного загрязнения каждой испытательной площадки зависит от вида проведенных испытаний. В одном случае область с повышенным содержанием техногенных радионуклидов представляет собой локальный участок площадью в несколько квадратных метров, в другом – следы радиоактивных выпадений, тянущиеся сотни метров.

Ниже представлена краткая информация по источникам радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды на каждой испытательной площадке.

Площадка «Опытное поле»

Площадка расположена в северной части СИП. Общая площадь составляет 270 км^2 . В период с 1949 по 1963 гг. на испытательной площадке было осуществлено 116 атмосферных ядерных испытаний, из которых 86 являлись воздушными испытаниями, 30 – наземными испытаниями, проведенными на малой или нулевой высоте, при этом, в 5 случаях ядерное устройство не сработало.

В 1958-1965 гг. на территории испытательной площадки «Опытное поле» проводились серии модельных неядерно-взрывных (гидроядерных и гидродинамических) экспериментов, результаты которых использовались для анализа вопросов обеспечения надежности и безопасности хранения и эксплуатации ядерного оружия. Всего проведено 40 гидроядерных экспериментов, 5 гидродинамических экспериментов.

Источниками радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды на испытательной площадке «Опытное поле» являлись ядерные воздушные и наземные испытания (эпицентральные зоны и следы радиоактивных выпадений); гидроядерные и гидродинамические эксперименты (эпицентральные зоны и следы радиоактивных выпадений).

Площадка «Дегелен»

Площадка расположена в центральной части СИП на одноименном горном массиве в виде куполовидного поднятия диаметром примерно 17-18 км. Общая площадь испытательной площадки составляет 240 км². Площадка «Дегелен» является одной из основных испытательных площадок СИП, где проводились подземные ядерные взрывы (ПЯВ) мощностью до 150 кт (малой и средней мощности) в горизонтальных горных выработках – штольнях. В период с 1961 по 1989 гг. на испытательной площадке было осуществлено 209 ядерных испытаний в 181 штольне.

Источниками радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды на испытательной площадке «Дегелен» являлись внештатные аварийные ситуации во время проведения испытаний; вынос радионуклидов водотоками из испытательных штолен; антропогенная деятельность (добыча металлолома, вскрытие штолен).

Площадка «Балапан»

Площадка расположена в восточной части СИП. Общая площадь составляет около 771,5 км². Площадка «Балапан» является местом проведения ПЯВ мощностью до 150 кт в скважинах. В период с 1965 по 1989 гг. на испытательной площадке было осуществлено 105 ядерных испытаний в 106 скважинах. Глубина испытательных скважин варьировала от 240 до 600 м.

Источниками радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды на испытательной площадке «Балапан» являлись испытания на выброс грунта; внештатные аварийные ситуации во время проведения испытаний; привнесение радиоактивного загрязнения от наземных ядерных испытаний; антропогенная деятельность (добыча металлолома).

Площадка «Сары-Узень»

Площадка расположена в западной части СИП. Общая площадь составляет около 325 км². В период с 1965 по 1980 гг. на площадке «Сары-Узень» проведено 24 подземных испытания в 25 скважинах. Одно из подземных ядерных испытаний – «Лазурит» было осуществлено в непосредственной близости от площадки «Сары-Узень», в горном массиве «Муржик».

Источниками радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды на испытательной площадке «Сары-Узень» являлись испытания на выброс грунта; внештатные аварийные ситуации во время проведения испытаний; привнесение радиоактивного загрязнения от наземных ядерных испытаний; антропогенная деятельность (добыча металлолома).

Площадка «Телькем»

Площадка расположена в юго-восточной части СИП. Общая площадь составляет 42 км². Площадка «Телькем» является местом проведения ПЯВ в мирных целях с выбросом грунта. В 1968 г. на испытательной площадке было осуществлено 2 подземных ядерных испытания наружного действия.

Источниками радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды на испытательной площадке «Телькем» являлись испытания на выброс грунта; привнесение радиоактивного загрязнения от наземных ядерных испытаний.

Площадка «Актан-Берли»

Площадка расположена в центральной части СИП. Общая площадь составляет 34 км². Площадка «Актан-Берли» является местом проведения неядерно-взрывных (гидроядерных и гидродинамических) экспериментов в период с 1958 по 1989 гг. Точное количество испытаний неизвестно. Глубина испытательных скважин варьировала от 5 до 30 м.

На дневной поверхности площадки «Актан-Берли» отсутствует радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды, превышающее значения минимально значимой удельной активности и Критерии оценки экологической обстановки территорий по определяемым радионуклидам.

Площадка «4»

Площадка расположена в западной части СИП. Общая площадь составляет 24 км². Площадка «4» является местом проведения испытаний БРВ в период с 1953 по 1957 гг. Точное количество испытаний неизвестно.

Источником радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды на испытательной площадке «4» являлось распыление жидких или порошкообразных радиоактивных рецептур.

Площадка «4А»

Площадка расположена в северной части СИП. Общая площадь составляет около 40 км². Площадка «4А» является местом проведения испытаний БРВ в период с 1953 по 1957 гг. Точное количество испытаний неизвестно.

Источником радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды на испытательной площадке «4А» являлось распыление жидких или порошкообразных радиоактивных рецептур.

В результате анализа данных, полученных в ходе обследования испытательных площадок СИП, выявлены участки радиоактивного загрязнения, на которых значения площадной активности радионуклидов в почвенном покрове превышали значения, установленные в Критериях оценки экологической обстановки территорий [73]. Так, на площадке «Опытное поле» были выявлены 25 радиоактивно загрязненных участков общей площадью $4,2 \times 10^7$ м², на площадке «Дегелен» – 16 участков с общей площадью $7,6 \times 10^5$ м², на площадке «Балапан» – 13 участков общей площадью $8,0 \times 10^6$ м², на площадке «Сары-Узень» – 7 участков общей площадью $9,4 \times 10^5$ м², на площадке «4» – 11 участков общей площадью $4,1 \times 10^4$ м², на площадке «4А» – 40 участков общей площадью $1,1 \times 10^6$ м², на площадке «Телькем» – 2 участка общей площадью $1,6 \times 10^5$ м² (Приложение 23).

Выводы по разделу «Оценка радиационного состояния окружающей среды на территории испытательных площадок»

Анализ данных, полученных в результате обследования испытательных площадок, показал, что на территории испытательных площадок СИП имеются участки, на которых значения площадной активности техногенных радионуклидов превышают значения, характеризующие относительно удовлетворительную ситуацию в Критериях оценки экологической обстановки территорий. Информация по каждому участку приведена в радиологических паспортах испытательных площадок. Несколько испытательных площадок («Опытное поле», «Дегелен», «Актан-Берли») относятся к охраняемым государством стратегическим объектам. Не исключается вероятность отнесения к стратегическим объектам других испытательных площадок. Передача территорий испытательных площадок в хозяйственный оборот должна рассматриваться в каждом отдельном случае, после ликвидации всех последствий испытаний ядерного оружия и повторных комплексных экологических обследований [48].

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. Как правило, участки загрязнения приурочены к объектам техногенного происхождения (скважины, могильники, штольни и др.). Для поиска локальных участков радиоактивного загрязнения проводилось дешифрирование местности. Дешифрирование выполняется с целью детального изучения местности и

идентификации возможных радиационно-опасных объектов техногенного происхождения, оставшихся со времен проведения ядерных испытаний, а также возникших в результате несанкционированной деятельности после закрытия СИП.

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, было 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.

Для визуальной оценки всех выявленных объектов на СИП составлена обзорная карта объектов дешифрирования (Рисунок 55). В результате камерального дешифрирования космических снимков, на территории СИП за пределами испытательных площадок выявлено 3659 объектов. 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 (Приложение 24).

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 (мощности эквивалентной дозы (МЭД) и плотности потока бета-частиц);
- обновление каталога объектов.

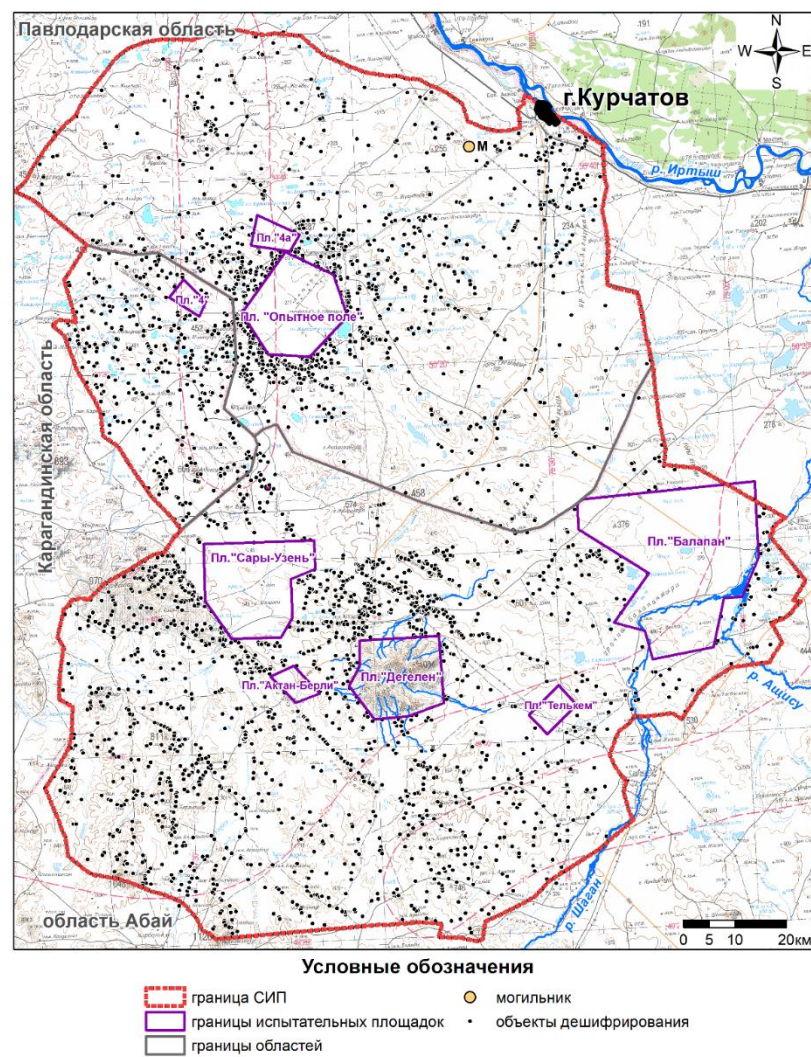


Рисунок 55. Результаты камерального дешифрирования

При проведении полевого дешифрирования объектов за пределами испытательных площадок СИП выявлено 2 радиационно-загрязненных объекта (могильник (обозначенный как М) в северной части СИП и объект 297) (Рисунок 56).

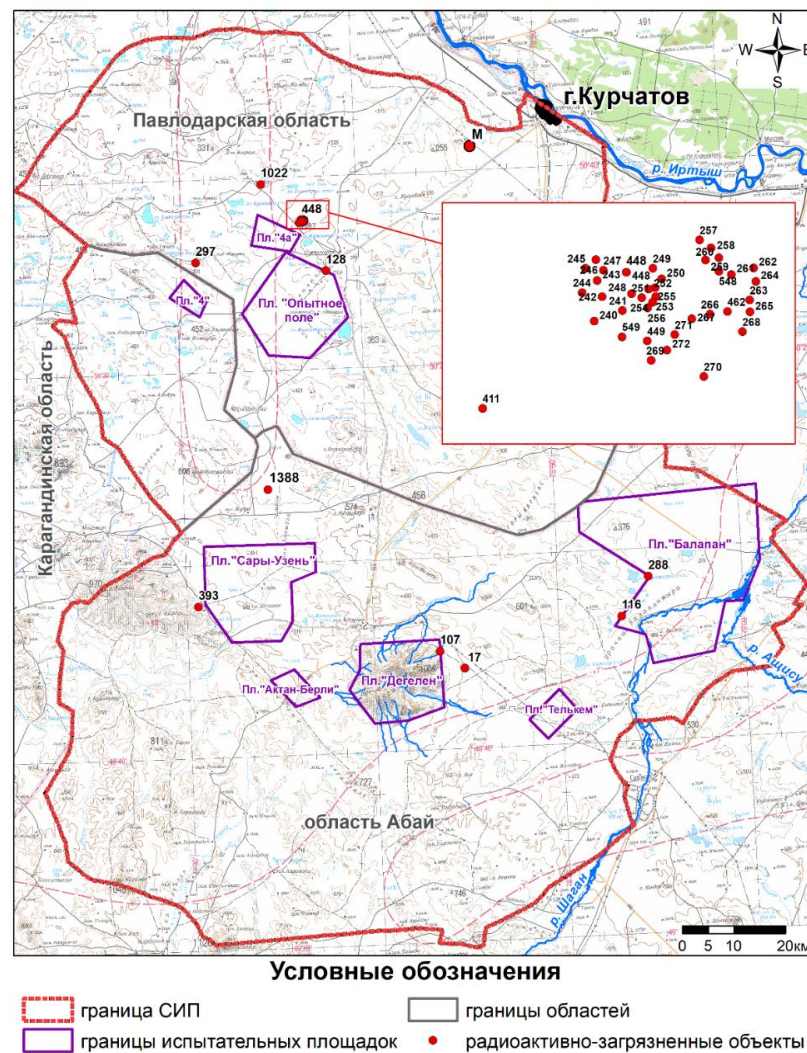


Рисунок 56. Радиоактивно-загрязненные и потенциально радиоактивно-опасные техногенные объекты за пределами испытательных площадок

Могильник М находится в северной части СИП, расположен на расстоянии около 15 км от г. Курчатов по направлению к испытательной площадке «Опытное поле», представляет собой участок с приповерхностным захоронением отходов промышленной деятельности в период проведения ядерных испытаний. Участок захоронения радиоактивных материалов по периметру огражден проволокой, с наружной стороны участка на расстоянии 3,5 м протянулся ров, который в настоящее время практически полностью разрушен (Рисунок 57).

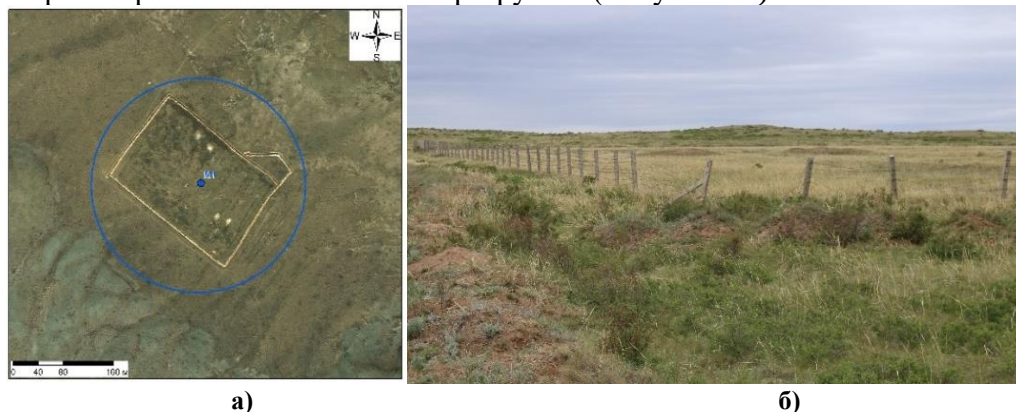


Рисунок 57. Могильник М на северной части СИП:

а) результаты камерального дешифрирования; б) результаты полевого дешифрирования

При обследовании участка были обнаружены 4 искусственные насыпи и 3 раскопа, возле которых находились алюминиевые крышки от неизвестных емкостей, сменные фильтры от противогазов, металлические сетки, металлические контейнеры, кости крупного рогатого скота и мелких животных. Недалеко от раскопов обнаружен металлический контейнер для хранения источников ионизирующего излучения со следами частичного разрушения, на расстоянии 35-40 см от которого зафиксировано радиоактивное загрязнение (МЭД – 160 мкЗв/ч, плотность потока бета-частиц – ~ 10000 част/(мин $\times$ см²). Содержимое контейнеров идентифицировать не удалось. При обследовании территории также был обнаружен предмет черного цвета шаровидной формы диаметром около 15 см. Значение МЭД на поверхности данного объекта (предмета) составило 1,06 мЗв/ч. [88].

Методом пешеходной гамма-съемки по сети обследования 10 $\times$ 10 м в 2009 г. и 2 $\times$ 2 м в 2010 г. В результате обследований выявлены участки с радиоактивным загрязнением, где значения МЭД варьировали от 0,13 до 32 мкЗв/ч. Лабораторный анализ почвенных проб показал, что приповерхностное радиоактивное загрязнение преимущественно вызвано ¹³⁷Cs, удельная активность которого достигает $1,4 \times 10^5$ Бк/кг. Содержание ¹³⁷Cs превышает значение минимально значимой удельной активности, установленное в Гигиенических нормативах для радионуклида ¹³⁷Cs, на основании чего радиоактивно-загрязненную почву можно отнести к низкоактивным радиоактивным отходам (РАО) [71, 88]. При этом в некоторых случаях радиоактивное загрязнение обусловлено ⁹⁰Sr при низком содержании радионуклидов ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am. Такое распределение радионуклидов свидетельствует о наличии различных источников радиоактивного загрязнения территории могильника. На основании результатов обследования в 2010 г. были проведены частичные рекультивационные работы путем изъятия и упаковки РАО объемом 5 м³ и суммарной активностью $\sim 0,9$ ГБк с последующем размещением на длительное хранение в хранилище на реакторном комплексе «Байкал-1». После завершения данных работ была произведена засыпка шурфов и ям ранее выбранным грунтом до естественного рельефа. Анализ результатов радиологического обследования показал, что радиационная опасность в районе объекта захоронения радиоактивных отходов значительно снижена (значения МЭД уменьшились с 32 до 7 мкЗв/ч).

Необходимо отметить, что полная рекультивация могильника М не проведена, данный объект представляет радиационную опасность для населения.

Объект № 297 представляет собой участок квадратной формы 300 $\times$ 300 м, по периметру с наружной стороны участка присутствует ров, который в настоящее время практически полностью разрушен. Внутри участка расположены 2 крупные воронки диаметром от 7 до 12 м и глубиной от 1 до 1,5 м, и 8 земляных выемок диаметром до 5 м и глубиной до 1 м. Результаты измерения радиационных параметров показали, что на данном объекте МЭД достигает 38 мкЗв/ч, а плотность потока бета-частиц – >10000 част/(мин $\times$ см²).

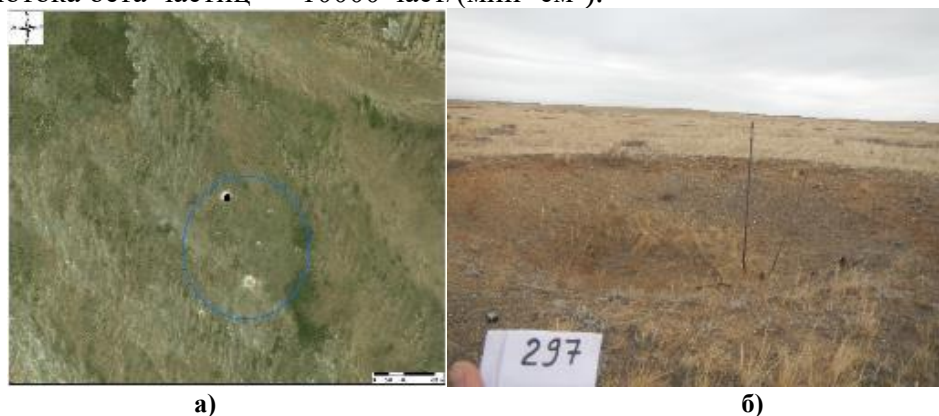


Рисунок 58. Объект 297.

а) Результаты камерального дешифрирования; б) Результаты полевого дешифрирования

Часть объектов в результате обследования которых не выявлено повышенных значений радиационных параметров были отнесены к потенциально радиационно-опасным по ряду признаков:

- скважины по внешнему виду соответствующие испытательным скважинам;
- объекты по внешнему виду напоминающие испытательные штольни;
- могильники – объекты, на которых найдены предметы, имеющие сходство с химическим, физическим или биологическим оборудованием, емкостями, лабораторными материалами, посудой или их фрагментами;
- локализация большого количества различных техногенных объектов (воронок, насыпей, окопов, бункеров, железобетонных подземных сооружений).

Всего на территории СИП выделено 9 потенциально радиационно-опасных объектов (3 могильника, 4 скважины, 1 штольня и площадка скопления техногенных сооружений (22 бетонных сооружения и 18 воронок, траншеи, канавы, насыпи)) (Рисунок 56, Таблица 21).

Таблица 21. Параметры техногенных объектов за пределами испытательных площадок

№ п.п.	Название объекта	№ объекта на карте	Фото	Географические координаты		Радиационные параметры на дневной поверхности	
				широта	долгота	МЭД, мкЗв/ч	плотность потока β -частиц, част/(см ² ·мин)
1.	скважина «Лазурит р-1»	393		49°55'47,2"	77°31'49,1"	0,1	<10
2.	скважина №1359	288		49°57'0,4"	78°44'50,5"	0,2	<10
3.	скважина №1384	116		49°53'1,1"	78°40'12"	0,12	<10
4.	Могильник МЗ	128		50°30'10,303"	77°54'31,449"	0,1-0,14	<10
5.	Могильник ЮВЧ	17		49°48'22"	78°14'31,4"	0,12-0,14	<10
6.	Могильник Дегелен	107		49°50'14,013"	78°10'37,177"	0,1	<10
7.	Штольня	1022		50°39'22,798"	77°44'21,275"	0,16-0,2	<10

№ п./п.	Название объекта	№ объекта на карте	Фото	Географические координаты		Радиационные параметры на дневной поверхности	
				широта	долгота	МЭД, мкЗв/ч	плотность потока β-частиц, част/(см ² ·мин)
8.	Воронка	448		50°35'29,671"	77°50'53,827"	0,1	<10
9.	Насыпь в виде трапеции	462		50°35'24,823"	77°51'11,461"	0,1	<10
10.	Воронка	240		50°35'24,317"	77°50'47,768"	0,14- 0,18	<10
11.	Воронка	241		50°35'25,398"	77°50'52,877"	0,1- 0,12	<10
12.	Бункер	242		50°35'27,042"	77°50'49,335"	0,12- 0,15	<10
13.	Ж/б подземное сооружение	243		50°35'28,858"	77°50'48,585"	0,12- 0,14	<10
14.	Траншея	244		50°35'27,579"	77°50'45,806"	0,1- 0,13	<10
15.	Ж/б подземное сооружение	245		50°35'30,284"	77°50'46,551"	0,12- 0,14	<10
16.	Ж/б подземное сооружение	246		50°35'31,197"	77°50'48,476"	0,12- 0,14	<10
17.	Ж/б подземное сооружение	247		50°35'29,974"	77°50'49,734"	0,12- 0,14	<10

№ п./п.	Название объекта	№ объекта на карте	Фото	Географические координаты		Радиационные параметры на дневной поверхности	
				широта	долгота	МЭД, мкЗв/ч	плотность потока β-частиц, част/(см²·мин)
18.	Ж/б подземное сооружение	248		50°35'27,253"	77°50'54,56"	0,12-0,14	<10
19.	Ж/б сооружение	249		50°35'29,977"	77°50'58,521"	0,13-0,16	<10
20.	Ж/б подземное сооружение	250		50°35'28,763"	77°51'0,036"	0,13-0,16	<10
21.	Ж/б сооружение	251		50°35'27,793"	77°50'58,816"	0,12-0,15	<10
22.	Ж/б сооружение	252		50°35'27,671"	77°50'57,648"	0,12-0,15	<10
23.	Ж/б сооружение	253		50°35'26,816"	77°50'58,893"	0,12-0,15	<10
24.	Ж/б подземное сооружение	254		50°35'26,734"	77°50'56,365"	0,12-0,14	<10
25.	Ж/б круглое сооружение	255		50°35'26,172"	77°50'58,265"	0,14-0,18	<10
26.	Ж/б подземное сооружение	256		50°35'25,585"	77°50'57,328"	0,12-0,14	<10
27.	Ж/б сооружение	257		50°35'32,97"	77°51'7,048"	0,13-0,16	<10

№ п./п.	Название объекта	№ объекта на карте	Фото	Географические координаты		Радиационные параметры на дневной поверхности	
				широта	долгота	МЭД, мкЗв/ч	плотность потока β-частиц, част/(см²·мин)
28.	Ж/б инженерное сооружение	258		50°35'32,009"	77°51'9,024"	0,11- 0,14	<10
29.	Яма	259		50°35'30,689"	77°51'7,951"	0,1- 0,13	<10
30.	Яма	260		50°35'30,868"	77°51'10,339"	0,1- 0,12	<10
31.	2 канавы	261		50°35'28,961"	77°51'12,418"	0,1- 0,13	<10
32.	Насыпь двойная	262		50°35'29,597"	77°51'16,397"	0,1- 0,13	<10
33.	Насыпь в виде пирамиды	263		50°35'26,012"	77°51'15,472"	0,1- 0,13	<10
34.	Окоп	264		50°35'28,081"	77°51'16,705"	0,11- 0,14	<10
35.	4 ж/б конструкции	265		50°35'24,675"	77°51'15,498"	0,13- 0,16	<10
36.	Окоп	266		50°35'24,61"	77°51'8,388"	0,1- 0,11	<10
37.	4 ж/б конструкции	267		50°35'24,154"	77°51'5,076"	0,1- 0,12	<10

№ п./п.	Название объекта	№ объекта на карте	Фото	Географические координаты		Радиационные параметры на дневной поверхности	
				широта	долгота	МЭД, мкЗв/ч	плотность потока β-частиц, част/(см²·мин)
38.	Окоп	268		50°35'22,506"	77°51'14,009"	0,1-0,2	<10
39.	Полувальное ж/б инженерное сооружение	269		50°35'19,671"	77°50'57,607"	0,14-0,18	<10
40.	Полувальное ж/б инженерное сооружение	270		50°35'17,634"	77°51'6,848"	0,12-0,16	<10
41.	Ж/б инженерное сооружение	271		50°35'22,457"	77°51'1,97"	0,1-0,12	<10
42.	Насыпь в виде пирамиды	272		50°35'20,779"	77°51'0,456"	0,12-0,16	<10
43.	Яма	548		50°35'29,386"	77°51'10,259"	0,1	<10
44.	Воронка	549		50°35'22,455"	77°50'52,611"	0,1-0,12	<10
45.	2 воронки	411		50°35'15,04"	77°50'27,422"	0,1	<10
46.	Воронка	449		50°35'21,885"	77°50'57,043"	0,1	<10
47.	Скважина 3001-Б	1388		50° 07' 42,2"	77° 43' 45,4"	0,12-0,14	<10

Для составления карты-схемы расположения всех объектов на обследуемой территории, выявленные объекты были сгруппированы по основным характеристикам, наиболее часто встречающимся на всей территории СИП: развалины, траншеи, ямы, ямы в виде воронок, зимовки, объекты водопользования, карьеры, бетонные сооружения, солончак, а также посты водного мониторинга. Объекты, которые не подходят ни к одному типу, вынесены как «прочие» (Рисунок 59).

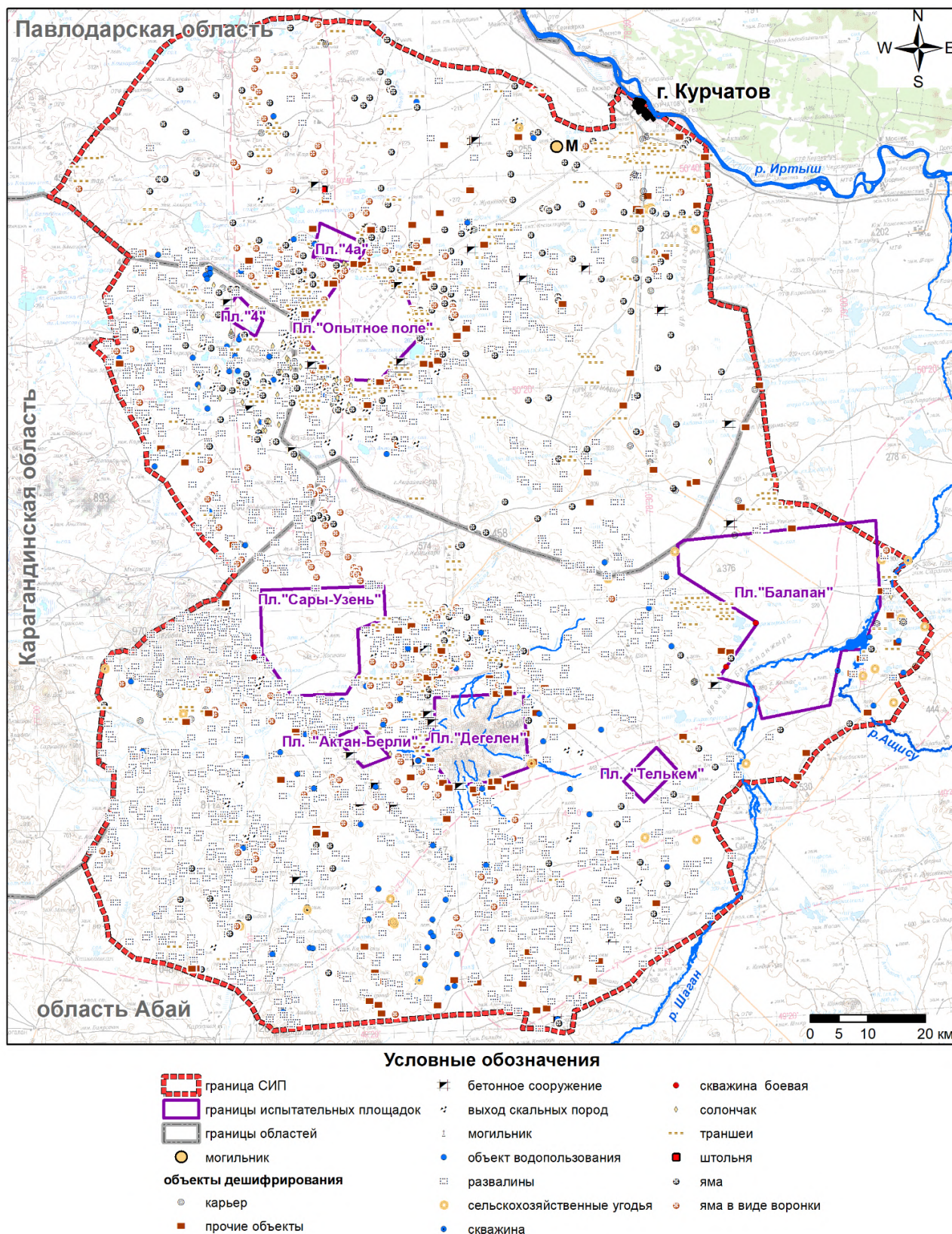


Рисунок 59. Результаты дешифрирования территории СИП за пределами испытательных площадок

Всего при дешифрировании территории СИП за пределами испытательных площадок было выявлено 3659 объектов техногенного происхождения. Основная часть дешифрированных объектов связана с несанкционированной хозяйственной деятельностью населения (зимовки, развалины) и составляет 50,8% от общего количества дешифрированных объектов, объекты, образованные в результате деятельности бывшего СИП (бетонные сооружения, траншеи, ямы в виде воронок и т.д.) – 29,2%, ныне действующие хозяйственные объекты (с/х угодья) – 0,7%, прочие объекты – 17,9%, потенциально радиационно-опасные объекты – 1,3%, радиационно-загрязненные объекты – 0,1%.

Выводы по разделу «Поиск радиоактивно-загрязненных техногенных объектов»

В результате проведения дешифрирования установлено, что более 98% объектов техногенного происхождения, расположенных на СИП вне испытательных площадок, не являются радиоактивно загрязненными или потенциально радиационно опасными.

1,3% объектов отнесены к потенциально радиационно-опасным. Согласно результатам измерений радиационных параметров на дневной поверхности на территории потенциально радиационно-опасных объектов не зафиксировано повышенных значений радиометрических параметров. Однако по вторичным признакам можно предположить наличие приповерхностного загрязнения. Для характеристики данных объектов требуется проведение дополнительных радиоэкологических исследований.

В результате дешифрирования выявлены 2 радиационно-загрязненных объекта: объект №297 (воронка), расположенный в непосредственной близости к площадке «4», и могильник М, расположенный в северной части СИП. Данные объекты представляет радиационную опасность для населения.

Все радиационно-загрязненные и потенциально радиационно-опасные объекты должны быть включены в СЗЯБ до приведения их в безопасное состояние и ликвидации последствий проведенных испытаний.

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 испытаний ядерного оружия. Данный расчет выполняется на основании результатов определения 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:

$$E_{ef} = E_{\gamma} \times E_{inh} \times E_{ing}, \quad (15)$$

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 (продуктами ядерного взрыва) 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 22). Содержание радионуклидов в поверхностных водоемах территории СИП приведены в приложении (Приложение 12). Годовое потребление продуктов питания и воды, приведены в таблице (Таблица 23). Значения площадной активности техногенных радионуклидов, среднегодовой объемной активности радионуклидов в воздухе, содержание радионуклидов в продуктах питания обследуемой территории приведены в приложениях (Приложение 10, Приложение 17, Приложение 22).

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:

$$E_{\gamma} = \sum E_{\gamma i}, \quad (16)$$

$$E_{\gamma i} = P_{\gamma i} \times T, \quad (17)$$

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:

$$P_{\gamma i} = \sum K_{\gamma i, \text{пов}} \times A_{Si}, \quad (18)$$

где:

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

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

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

Площадная активность радионуклидов в почве определялась согласно подразделу 2.1.3 (2.1.3 Определение площадной активности радионуклидов).

Значения коэффициентов $K_{\gamma i, \text{пов}}$ для ряда техногенных радионуклидов представлены в таблице (Таблица 22).

Таблица 22. Значения коэффициентов, используемых при проведении оценок дозовых нагрузок

Коэффициент	Значения коэффициентов			
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
$K_{\gamma i, \text{пов}}$, Зв·м ² /с·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 22), коэффициент $K_{\gamma i, \text{пов}}$ рассчитывалась согласно выражению:

$$K_{\gamma i, \text{пов}} = K_{\gamma, \text{повCs-137}} \times \frac{\Gamma_i}{\Gamma_{\text{Cs-137}}}, \quad (19)$$

где:

$K_{\gamma, \text{повCs-137}}$ – коэффициент $K_{\gamma i, \text{пов}}$ для радионуклида ¹³⁷Cs (Таблица 22);

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

$\Gamma_{\text{Cs-137}}$ – гамма-постоянная ¹³⁷Cs, равная $2,81 \times 10^{-17}$ Зв×м²/с×Бк, приведенная в [89].

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 0,012 мЗв/год, а при максимальных значениях – 0,67 мЗв/год. Значения ожидаемой годовой эффективной дозы в каждой точке обследуемой территории приведены в приложении (Приложение 25).

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:

$$E_{inh,i} = \sum q_i \times e_{inh,i}, \quad (20)$$

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 [71].

Величина годового поступления рассчитывалась согласно выражению:

$$q_i = A_{vi} \times V, \quad (21)$$

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 [71].

Согласно результатам проведенного расчета, годовая ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения от ингаляционного поступления при средних значениях техногенных радионуклидов на исследуемой территории составила 0,008 мЗв/год, при максимальных значениях техногенных радионуклидов составила 2,3 мЗв/год. Основными дозообразующими радионуклидами являются ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и ⁹⁰Sr. Значения ожидаемой годовой эффективной дозы в каждой точке обследуемой территории приведены в приложении (Приложение 25).

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:

$$E_{ing,i} = \sum q_{ing,i} \times e_{ing,i}, \quad (22)$$

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 [71].

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

$$q_{ing,i} = A_{mi} \times V_p, \quad (23)$$

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 23) приведены усредненные по Республике Казахстан данные по пищевому рациону населения [90].

Таблица 23. 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 0,07 мЗв/год, при максимальных значениях – 5,8 мЗв/год. Основной вклад в дозу внутреннего облучения от перорального поступления вносит доза от потребления фруктов и овощей, где основными дозообразующими радионуклидами являются ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$. Значения ожидаемой годовой эффективной дозы в каждой точке обследуемой территории приведены в приложении (Приложение 25).

На территории СИП имеются поверхностные источники воды – озера, ручья и реки, расположенные, как на удаленном расстоянии от испытательных площадок, так и вблизи их границ (2.2.1 Определение удельной активности радионуклидов в поверхностных водах). Поверхностные водоемы непригодны для питья и водопоя животных по химическим параметрам (степень минерализации, жесткости, содержание хлоридов) [91]. Однако в рамках консервативного подхода были рассчитаны дозы внутреннего облучения от поступления радионуклидов с водой из поверхностных водоемов. Масса питьевой воды $M_{\text{нас}}$, с которой радионуклиды могут поступать в организм на протяжении календарного года, согласно Гигиеническим нормативам, составляет 730 кг [71].

Уровни содержания радионуклидов ^3H , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ на удалении от испытательных площадок находятся ниже значений минимальной детектируемой активности и не превышают уровень вмешательства согласно Гигиеническим нормативам [71]. Однако, есть участки с повышенным содержанием радионуклидов ^3H и ^{90}Sr в поверхностных водоемах (2.2.1 Определение удельной активности радионуклидов в поверхностных водах). К таким объектам относятся ручьи Узынбулак, Карабулак, Байтлес, Токтакушык, расположенные в районе площадки «Дегелен», озеро Кишкенсор и река Шаган, расположенные в районе площадки «Балапан». Для консервативной оценки дозы внутреннего облучения от потребления воды принимались максимальные значения удельной активности радионуклидов ^3H и ^{90}Sr , зафиксированные в поверхностных водоемах, расположенные в районе площадки «Балапан» и площадки «Дегелен». Результаты приведены на рисунке (Рисунок 60).

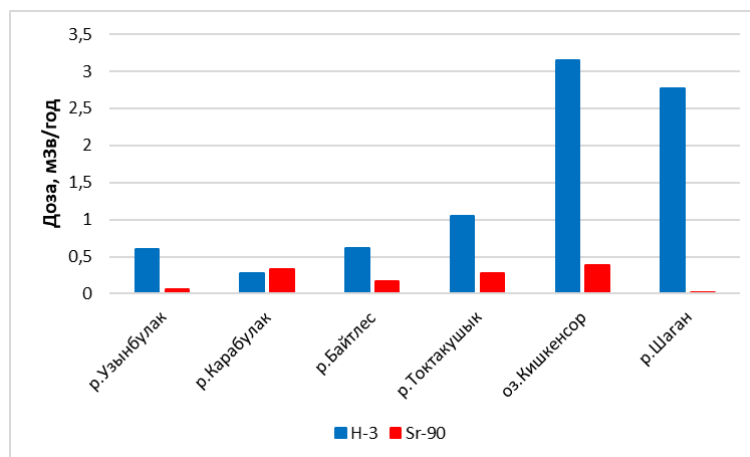


Рисунок 60. Ожидаемая годовая доза внутреннего облучения от потребления воды с повышенным содержанием техногенных радионуклидов ^3H и ^{90}Sr в поверхностных водоемах

Суммарная ожидаемая годовая эффективная доза внутреннего облучения от поступления ^3H и ^{90}Sr с водой из поверхностных водоемов, расположенных вблизи испытательных площадок полигона, находится в диапазоне от 0,6 до 3,7 мЗв. Полученные результаты показывают, что основной вклад в суммарную дозу внутреннего облучения от потребления воды ручьев Байтлес и Токтаушык, озера Кишкенсор и реки Шаган вносит ^3H (~90%).

На основании проведенного расчета построена карта суммарной ожидаемой годовой эффективной дозы внутреннего облучения от поступления ^3H и ^{90}Sr с водой, в точках с максимальными значениями удельной активности (Рисунок 61).

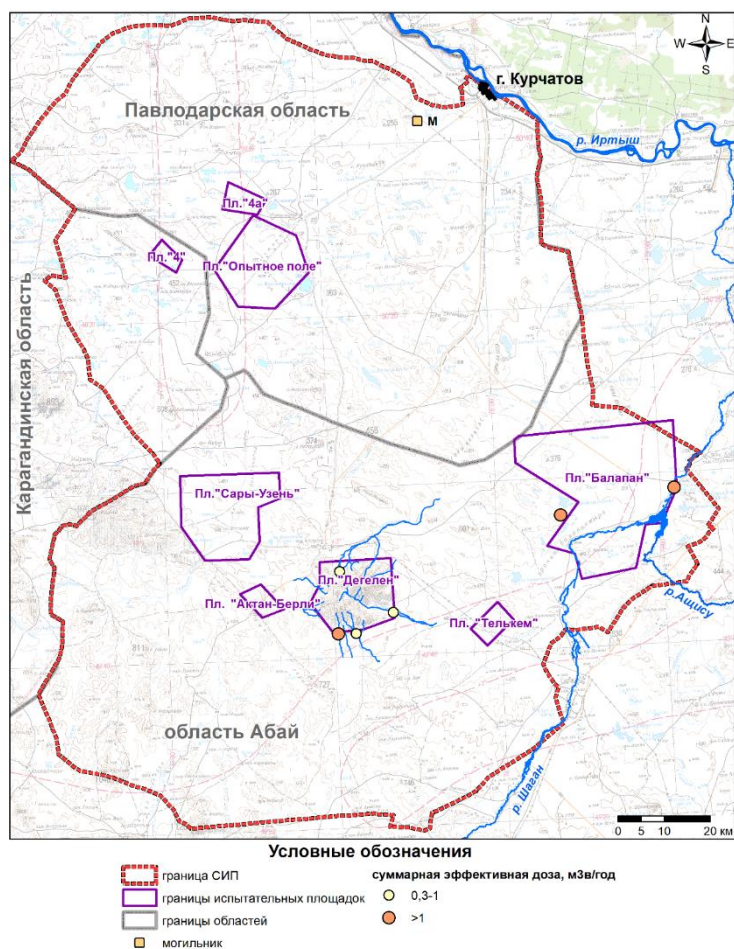


Рисунок 61. Суммарная ожидаемая годовая эффективная доза внутреннего облучения от перорального поступления ^3H и ^{90}Sr с водой

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

Суммарная ожидаемая годовая эффективная доза при проживании и ведение деятельности на большей части территории СИП составила 0,09 мЗв/год.

Суммарная ожидаемая годовая эффективная доза в точках с максимальными значениями удельной активности радионуклидов на участках вблизи испытательных площадок «4» и «4а» превысила $1,25 \times 10^4$ мЗв/год, на оставшейся части территории СИП за пределами испытательных площадок – до 8,8 мЗв/год.

На основании расчетов построены карты суммарной годовой эффективной дозы облучения на человека (Рисунок 62).

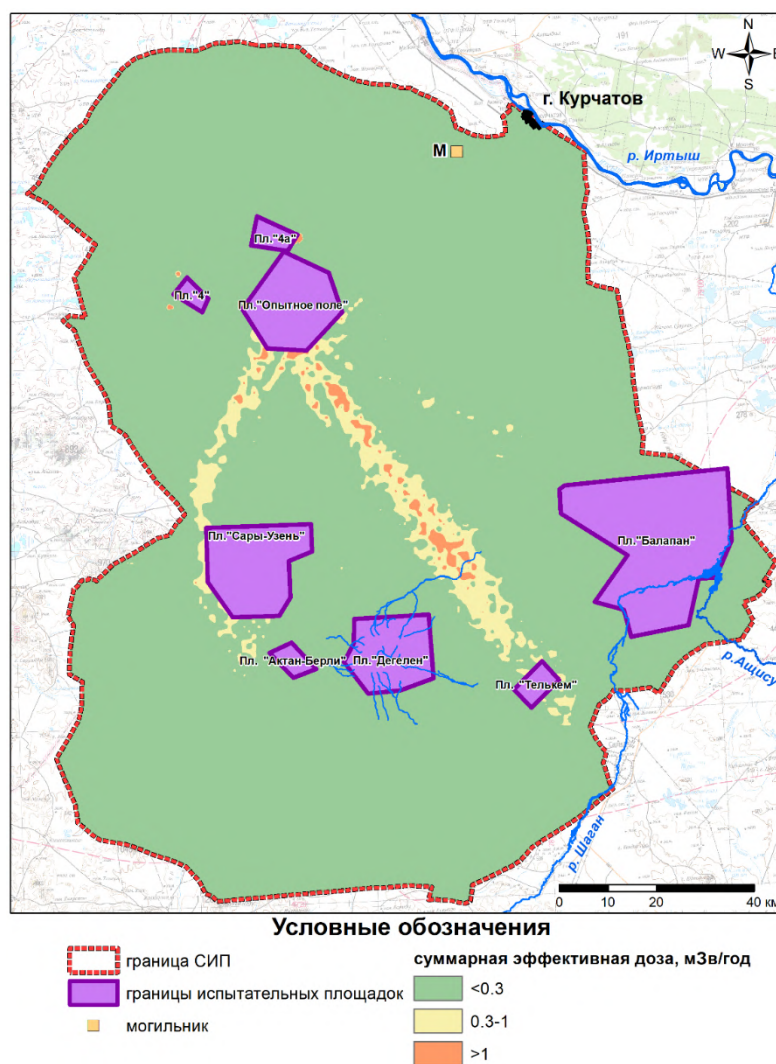


Рисунок 62. Суммарная годовая эффективная доза облучения на обследуемой территории

Выводы по разделу «Расчет доз облучения населения»

В результате оценки ожидаемых доз на население при условии проживания и ведении деятельности в пределах большей 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 0,09 мЗв/год. Ожидаемая годовая эффективная доза на человека в точках с максимальным содержанием техногенных радионуклидов в почве, за исключением участков вблизи площадок «4» и «4а», составляет

8,8 мЗв/год, что превышает допустимый уровень дозовой нагрузки на население – 1 мЗв [71]. На участках вблизи площадок «4» и «4а», образовавшихся в результате испытаний БРВ, значения ожидаемая годовая эффективная доза на человека в точках с максимальным содержанием техногенных радионуклидов в почве составляет $1,25 \times 10^4$ мЗв/год, что значительно превышает допустимый уровень дозовой нагрузки на население – 1 мЗв [71]. Основной вклад в дозу на обследуемой территории в среднем вносит доза внутреннего облучения от перорального поступления техногенных радионуклидов с продуктами питания (хлеб, овощи и молоко) ~77%. Максимальные значения доз получены вблизи испытательных площадок и территории следов радиоактивных выпадений. На остальной территории СИП (вне испытательных площадок, участков вблизи площадок «4» и «4а» и следов радиоактивных выпадений от ядерных испытаний) ожидаемая годовая эффективная доза – менее 0,3 мЗв.

Значения дозы внутреннего облучения в случае поступления радионуклидов с водой, из поверхностных водоемов, расположенных в районе испытательных площадок находятся в диапазоне от 0,6 до 3,7 мЗв, что превышает уровень вмешательства, согласно установленным в РК нормам [71]. Поверхностные водоемы на территории СИП непригодны для питья и водопоя животных [91], расчет доз внутреннего облучения от поступления радионуклидов с водой их данных водоемов был проведен в рамках консервативного подхода. Однако учитывая факт возможного повышенного облучения при использовании данной воды необходимо ограничить доступ населения и домашних животных к поверхностным водоемам с повышенными значениями радиационных параметров.

4. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ РАЙОНА ОБСЛЕДОВАНИЯ

В разделе описана прогнозная оценка состояния радиационной обстановки 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:

$$A(t) = A_{\text{текущее}} \times k, \quad (24)$$

где:

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

k – коэффициент, учитывающий уменьшение активности с течением времени (Таблица 24).

Таблица 24. 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

Максимальные значения площадной активности радионуклидов в области следов от радиоактивных выпадений от ядерного испытаний на площадке «Опытное поле», на участках вблизи площадок «4» и «4а», а также на остальной части территории СИП представлены в таблицах (Таблица 25, Таблица 26, Таблица 27).

Таблица 25. Максимальные значения площадной активности радионуклидов в области следов от радиоактивных выпадений от ядерного испытаний на площадке «Опытное поле»

Время, год	Площадная активность, кБк/м ²			
	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am
10	140	56	609	45
50	53	23	603	42
100	16	7	591	39

Таблица 26. Максимальные значения площадной активности радионуклидов на участках вблизи площадок «4» и «4а»

Время, год	Площадная активность, кБк/м ²			
	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am
10	80444	49	2655	83
50	31226	20	2655	78
100	9492	7,5	2648	72

Таблица 27. Максимальные значения площадной активности радионуклидов на остальной части СИП

Время, год	Площадная активность, кБк/м ²			
	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am
10	3,50	7,57	7,30	0,61

Время, год	Площадная активность, кБк/м ²			
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
50	1,33	3,05	7,23	0,57
100	0,40	0,95	7,08	0,53

Согласно полученным результатам построены карты площадной активности радионуклидов в почве через 10, 50 и 100 лет (Рисунок 63 – Рисунок 66).

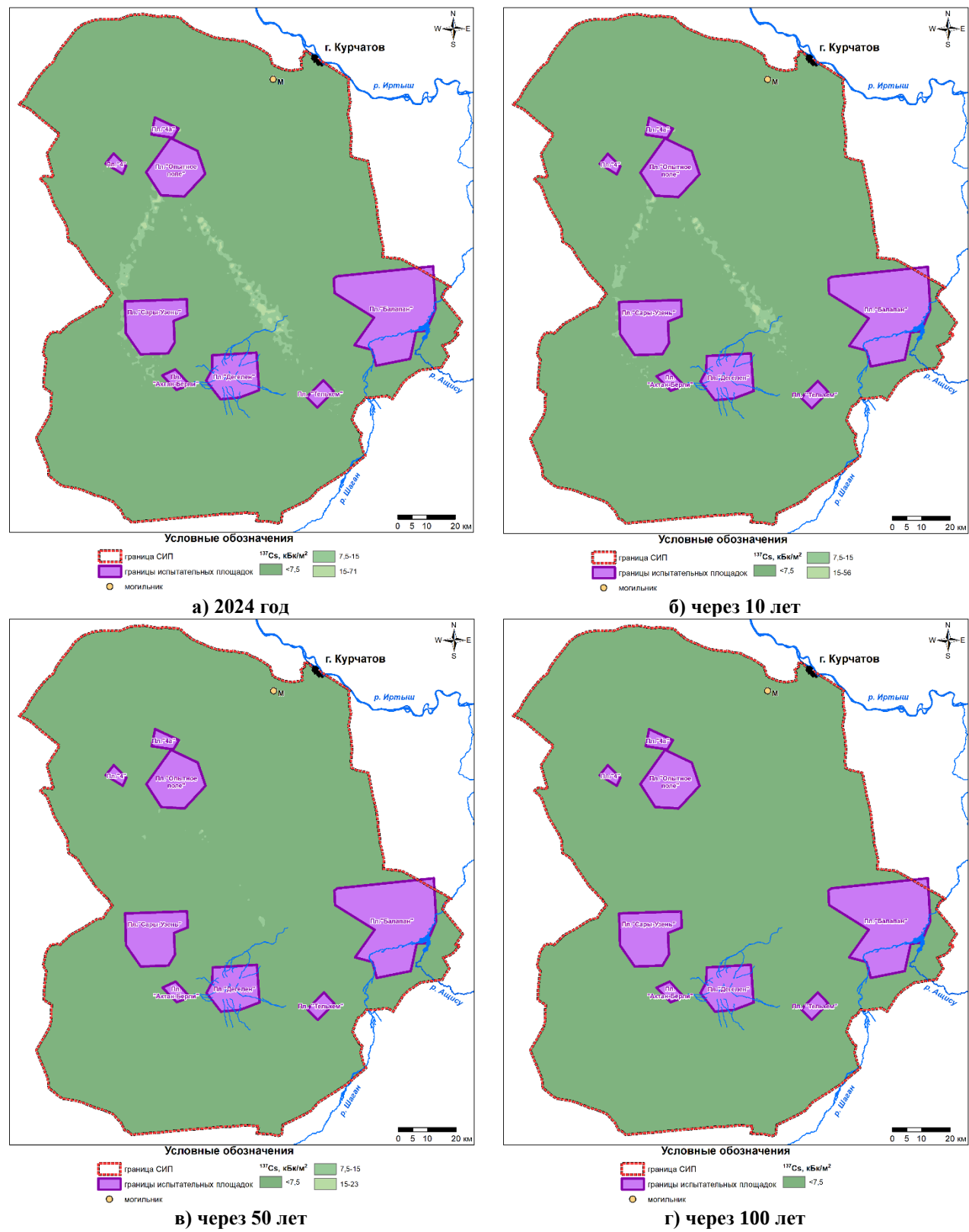
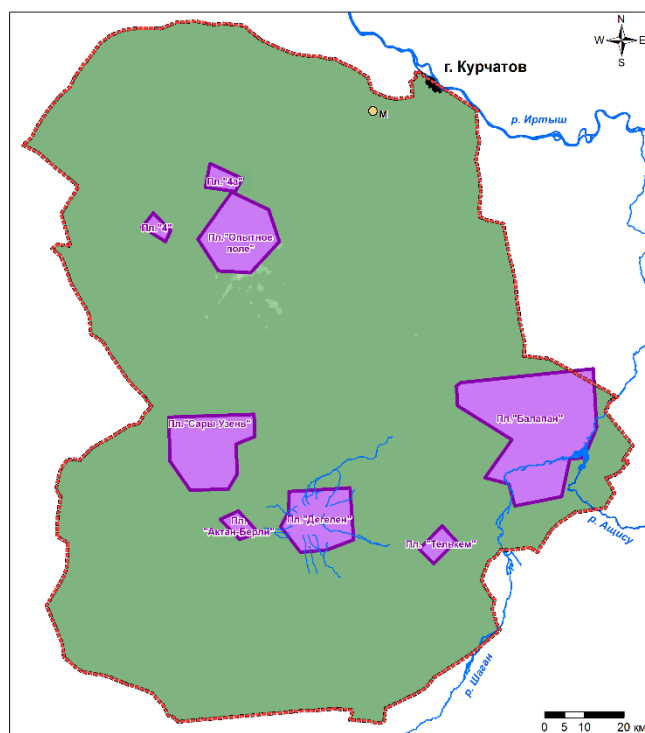
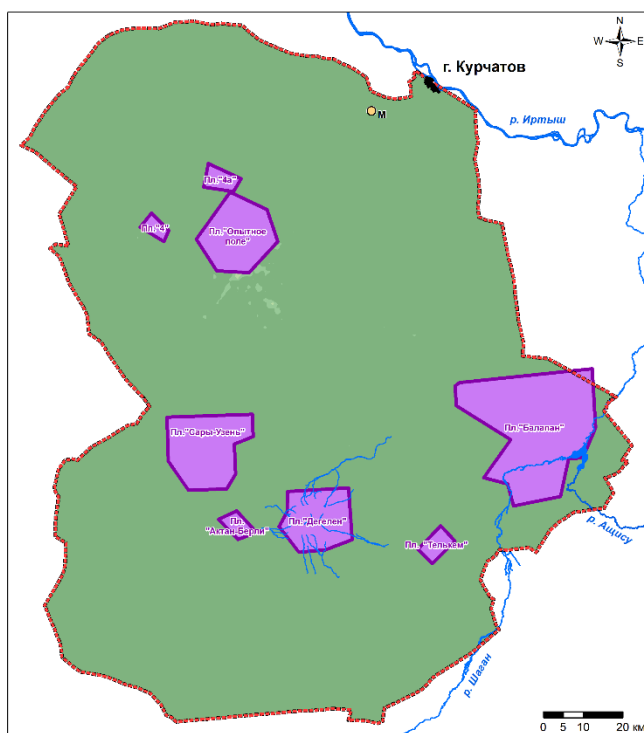


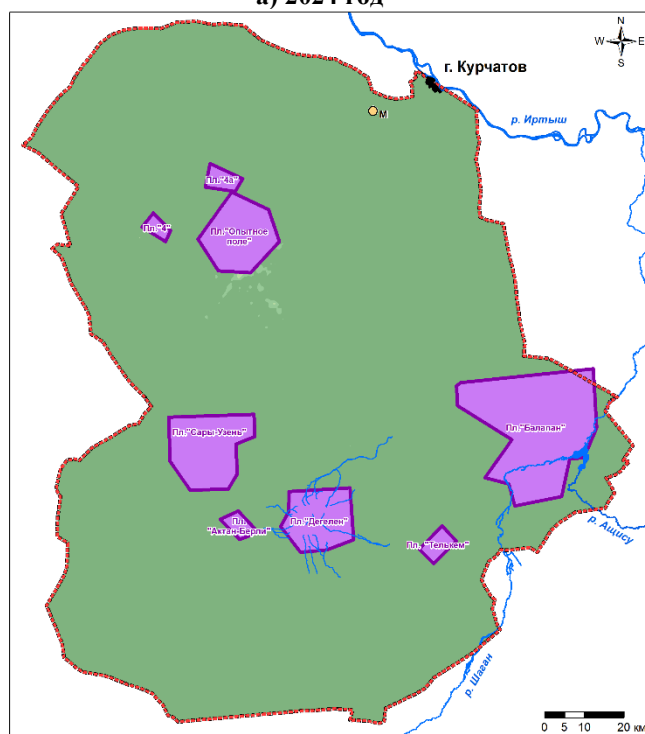
Рисунок 63. Распределение площадной активности ¹³⁷Cs в почве на территории СИП



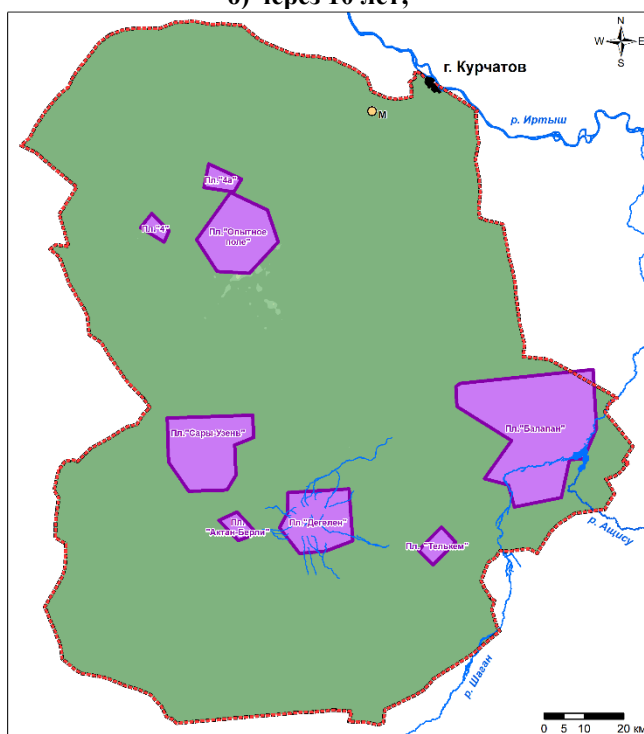
а) 2024 год



б) через 10 лет;



в) через 50 лет



г) через 100 лет

Рисунок 64. Распределение площадной активности ^{241}Am в почве на территории СИП

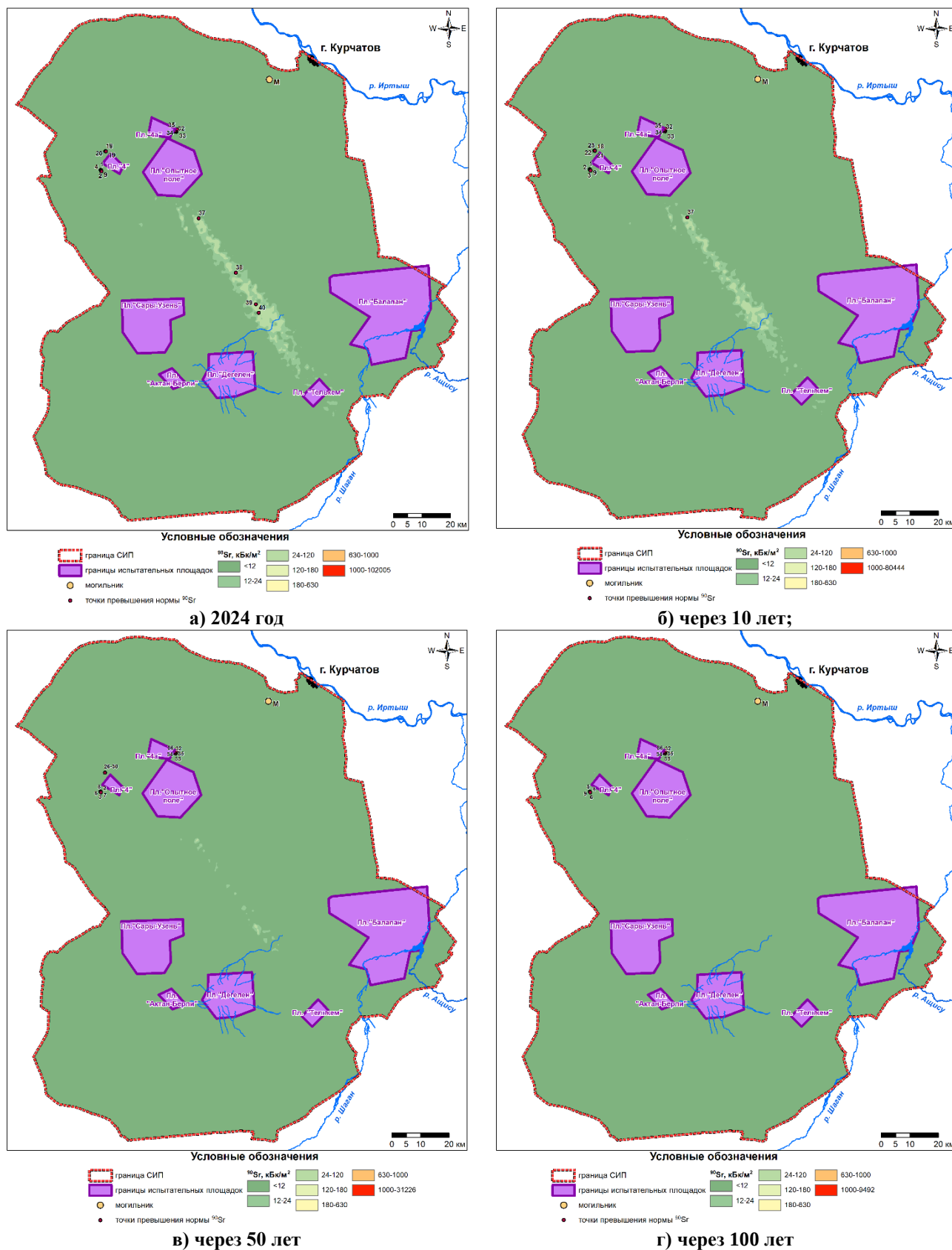
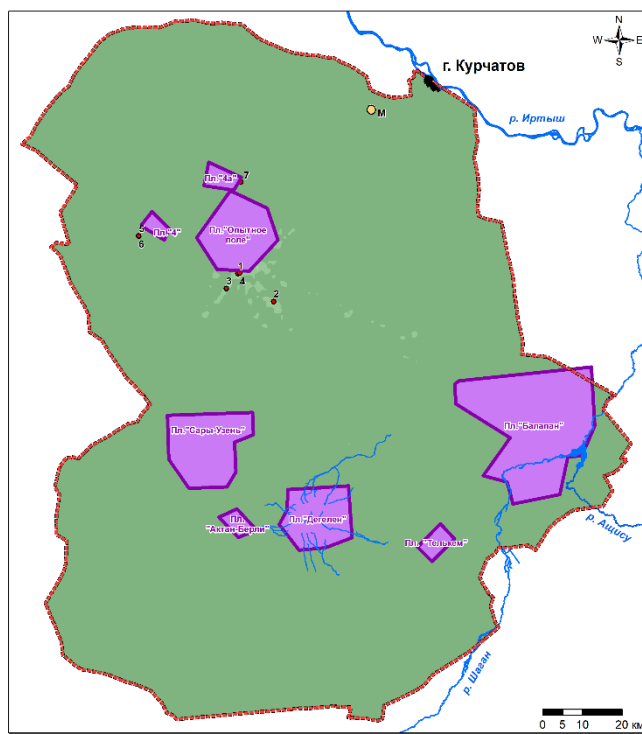
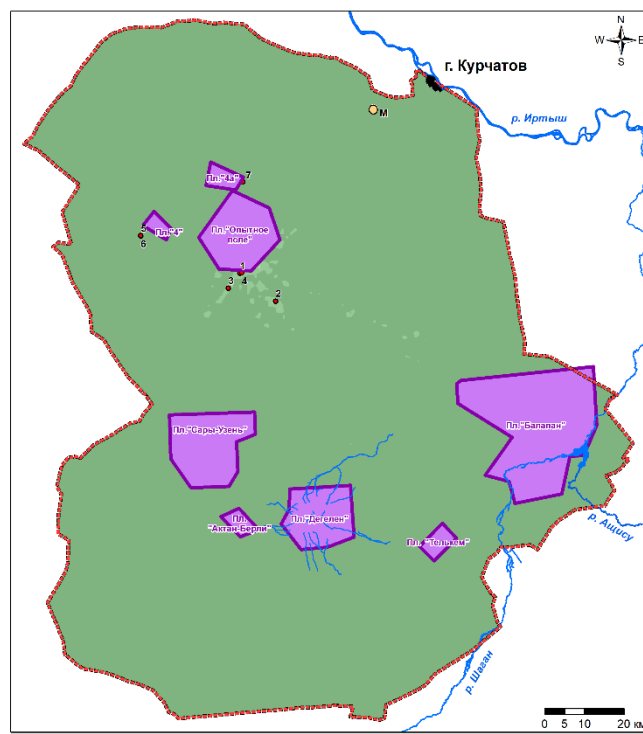


Рисунок 65. Распределение площадной активности ^{90}Sr в почве на территории СИП

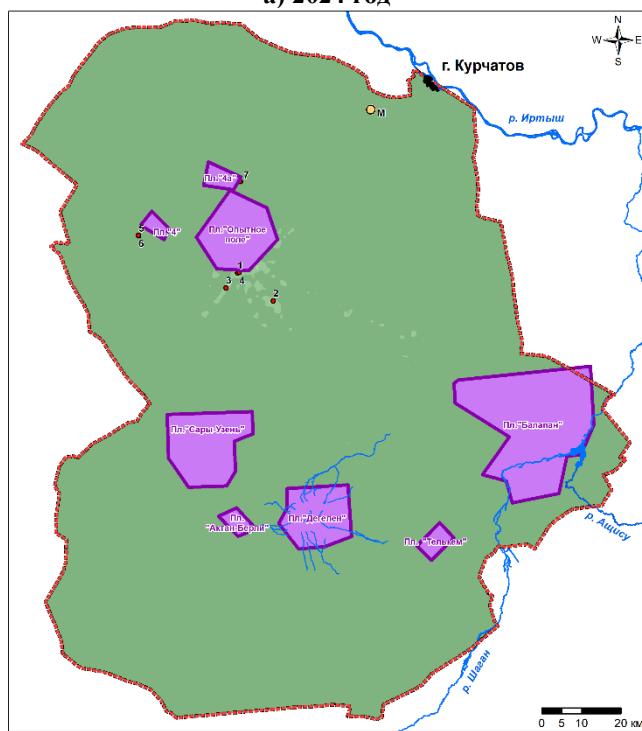
Сведения о точках с повышенным содержанием ^{90}Sr в почве представлены в приложении (Приложение 11).



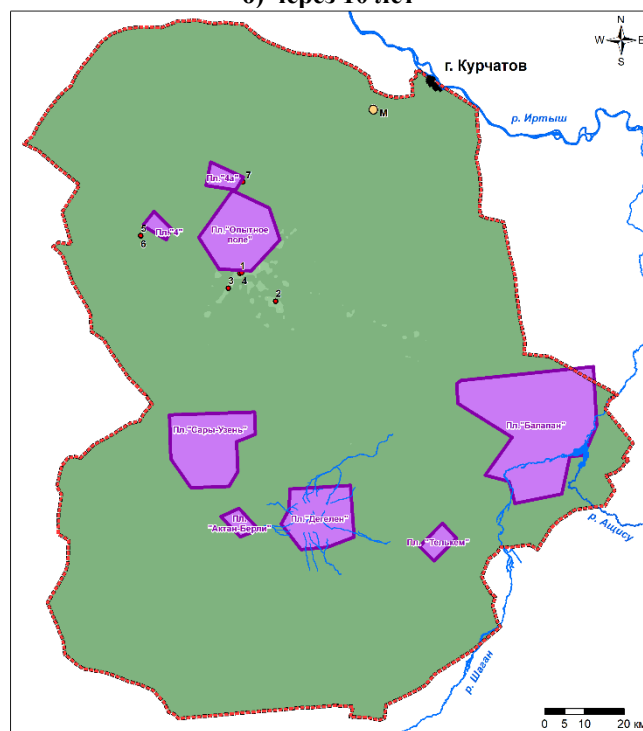
а) 2024 год



б) через 10 лет



в) через 50 лет



г) через 100 лет

Рисунок 66. Распределение площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$ в почве на территории СИП

Сведения о точках с повышенным содержанием $^{239+240}\text{Pu}$ в почве представлены в приложении (Приложение 11).

Согласно полученным данным (Рисунок 63 – Рисунок 66), активность $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в разрезе 100 лет не будет увеличиваться, а в случае с ^{137}Cs и ^{90}Sr снизится приблизительно в 10 раз.

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

Согласно расчетной оценке, содержание техногенных радионуклидов в почве двух выделенных зон (область следов от радиоактивных выпадений от ядерных испытаний на площадке «Опытное поле» и на остальной части территории СИП) через 100 лет не будет превышать показателей для оценки состояния почв, указанных в Критериях оценки экологической обстановки территорий для ^{137}Cs , ^{241}Am и ^{90}Sr . Однако максимальные значения площадной активности ^{90}Sr на участках вблизи площадок «4» и «4а» составят 7077 и 9492 кБк/м² соответственно и, таким образом, даже через 100 лет будут превышать значение, характеризующее относительно удовлетворительную ситуацию в Критериях оценки экологической обстановки территорий для данного радионуклида [73]. Также, максимальное значение площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$ в области следов от радиоактивных выпадений от ядерного испытаний на площадке «Опытное поле» будет иметь превышение и составит ~ 591 кБк/м², что в 1,4 раза выше допустимых показателей; максимальное значение площадной активности $^{239+240}\text{Pu}$ в районе участков вблизи площадок «4» и «4а» составит ~2648 кБк/м², что в 6,5 раз выше допустимых показателей, указанных в Критериях оценки экологической обстановки территорий для данного радионуклида [73].

Количество точек с повышенным содержанием радионуклидов через 100 лет для ^{90}Sr снизится на 54% (с 26 до 12 точек), $^{239+240}\text{Pu}$ – не изменится.

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 28. Значения коэффициента, учитывающего уменьшение активности с течением времени

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

Прогноз изменения ожидаемой годовой эффективной дозы на обследуемой территории при средних и максимальных значениях содержания радионуклидов в почве приведен в таблице (Таблица 29).

Таблица 29. Прогноз изменения ожидаемой годовой эффективной дозы на обследуемой территории

Время, год	Эффективная доза, мЗв/год			
	^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
Средние значения				
10	$1,1 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$9,7 \times 10^{-3}$
50	$1,0 \times 10^{-3}$	$4,9 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$9,6 \times 10^{-3}$
100	$9,6 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$3,5 \times 10^{-3}$	$9,4 \times 10^{-3}$
Максимальные значения				
10	0,67	0,47	9859	12,40
50	0,63	0,19	3744	12,28

Время, год	Эффективная доза, мЗв/год			
	^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
100	0,58	0,06	1123	12,03

Согласно полученным результатам построены карты суммарной годовой эффективной дозы облучения через 10, 50 и 100 лет (Рисунок 67).

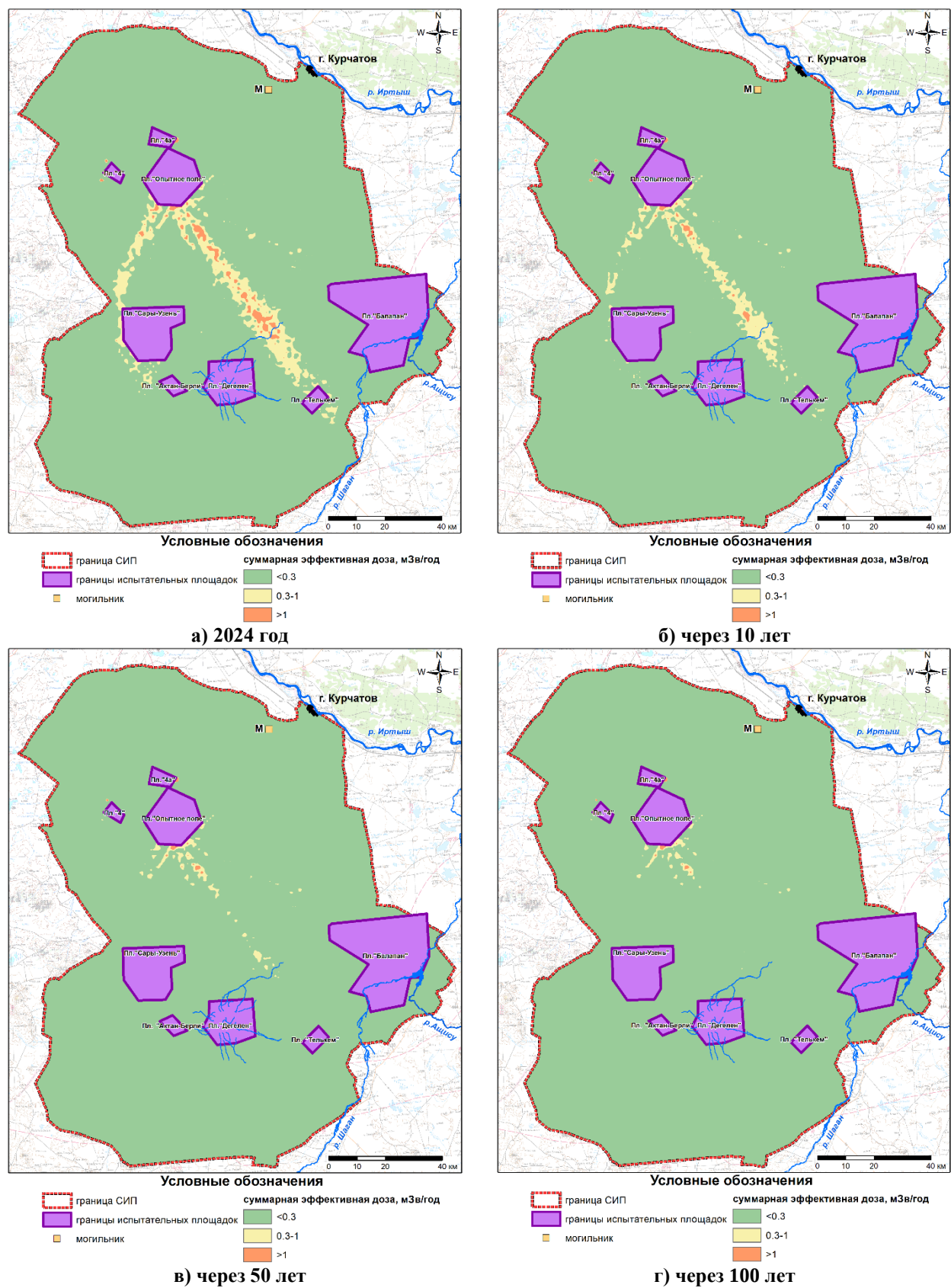


Рисунок 67. Прогнозная суммарная годовая эффективная доза облучения на обследуемой территории

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 , содержание которого в продуктах питания (хлеб, овощи, молоко) ~73%.

По результатам проведенного расчета, площадь радиоактивного загрязнения обследуемой территории через 100 лет, где значения суммарной годовой эффективной дозы облучения превышает 0,3 мЗв/год, снизится на 42%.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСПЫТАНИЙ

В разделе описаны рекомендации по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия или ограничению доступа к радиоактивно-загрязненным участкам для земельных участков, которые представляют радиационную опасность для населения.

По результатам комплексного экологического обследования выявлены участки локального радиоактивного загрязнения, которые представляют радиационную опасность для населения. К этим участкам относятся территории испытательных площадок, следы радиоактивных выпадений от испытаний ядерного оружия и могильник М. Согласно п.3 статьи 143 Земельного кодекса Республики Казахстан, одним из условий предоставления земельных участков, на которых проводились испытания ядерного оружия, в собственность или землепользование наряду с комплексным экологическим обследованием, является завершение всех мероприятий по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия [45]. Степень проведения ремедиационных мероприятий зависит от вида планируемого использования данных территорий и экономической целесообразности.

Ремедиационные мероприятия могут быть осуществлены различными способами, выбор которых, прежде всего, зависит от природных условий конкретного участка и уровней радионуклидного загрязнения. На основании результатов обследования радиационно-загрязненных объектов на территории, в целом можно выделить 2 основных группы объектов: объекты с антропогенной нарушенностью и без таковой. Также в каждой из групп можно произвести условное разделение на локальные объекты относительно небольшого размера (траншеи, насыпи, бетонные конструкции, небольшие участки поверхностного радиоактивного загрязнения и т.д.) и на крупные (воронки, следы радиоактивных выпадений).

На объектах без антропогенной нарушенности основная часть радиоактивного материала сконцентрирована в приповерхностном слое. Принимая это во внимание одним из основных критериев для принятия решения по методу реабилитации является размер радиоактивного загрязнения. В случае, когда загрязнение имеет локальный характер (к примеру, радиоактивное загрязнение от испытаний боевых радиоактивных веществ) наиболее эффективным действием является изъятие загрязненного слоя с последующим принятием решения о способе его ликвидации. В мировой практике чаще всего используется направление РАО на временное хранение на специализированных объектах для хранения РАО. При рассмотрении крупных объектов (к примеру следы радиоактивных выпадений от наземных ядерных испытаний на площадке «Опытное поле») может использоваться вспашка (при загрязнении ниже уровня радиоактивных отходов для снижения поверхностного загрязнения) и создание физической защиты (ограничение доступа).

По аналогии с объектами без антропогенной нарушенности, в случае, когда объект с антропогенной нарушенностью имеет относительно небольшие размеры можно применить изъятие (к примеру могильник М), однако в ряде случаев из-за сложности технической конструкции, либо же нахождением РАО на глубине проведение работ по изъятию может оказаться технически сложно реализуемо, а также вызовет возможность переобучения персонала. В таком случае гораздо эффективней проведение работ по созданию физической защиты в виде бетонных саркофагов.

Для обширных территорий радиоактивного загрязнения («Атомное озеро», «Телькем», воронки, образовавшиеся в результате наземных ядерных испытаний и содержащие колоссальные объемы РАО в мировой практике можно выделить 2 основных вида ликвидации: изъятие радиоактивного материала с последующей ликвидацией, и захоронение радиоактивного материала на месте с созданием физической защиты. Так же для данных объектов можно использовать способ - создание физической защиты в виде ограждений (или рвов) объектов.

В первую очередь при разработке проектов по ремедиации необходимо рассмотреть следующие объекты – могильник М, площадки испытаний боевых радиоактивных веществ «4» и «4а».

Объект могильник М расположен в Павлодарской области и окружен территориями, не подвергшимися влиянию испытаний, проведенных на СИП, которые могут быть выведены из категории земель запаса СИП. Могильник М представляет собой участок с приповерхностным захоронением радиоактивно загрязненных отходов промышленной деятельности в период проведения ядерных испытаний. Могильник М можно отнести к объектам с антропогенной нарушенностью, он имеет относительно небольшие размеры, следовательно, наиболее эффективный метод ремедиации для данного объекта - изъятие радиоактивно загрязненных отходов с последующим размещением в пункте временного хранения.

Площадки испытаний боевых радиоактивных веществ «4» и «4а» подверглись загрязнению в следствие распыления жидких или порошкообразных радиоактивных рецептур. Участки загрязнения имеют локальный характер с высоким уровнем содержания радионуклидов. Для этих площадок так же, как и в случае с объектом могильник М наиболее эффективным методом ремедиации будет изъятие радиоактивно загрязненных отходов с последующим размещением в пункте временного хранения.

В любом случае, при проектировании мероприятий по ремедиации необходимо учитывать характер радиоактивного загрязнения, выявленных в результате обследования участков (различные уровни загрязнения и радионуклидный состав, глубина, источники загрязнения, формы нахождения и т.д.). Для каждого отдельного объекта необходима разработка мер по ликвидации последствий испытаний учитывая все уникальные особенности и характеристики участка, которые должны быть отражены в проекте по ремедиации в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами Республики Казахстан.

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

В разделе описаны земельные участки, представляющие радиационную опасность для населения, где значение годовой эффективной дозы 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. Данный уровень регламентирован Гигиеническими нормативами к обеспечению радиационной безопасности [71].

Основным критерием, характеризующим степень радиозэкологической безопасности человека, проживающего на загрязненной территории, является годовое 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, образовавшиеся в результате испытаний ядерного оружия;

2) участки, которые представляют радиационную опасность для населения, в пределах которых годовой эффективной дозы на человека составляет свыше 0,3 мЗв/год от техногенных радионуклидов, образовавшиеся в результате испытаний ядерного оружия.

6.1 УЧАСТКИ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

По результатам комплексного экологического обследования СИП, выполненного в период с 2008 по 2021 гг., на части территории полигона значение годовой эффективной дозы на человека превышает 0,3 мЗв/год от техногенных радионуклидов, образовавшиеся в результате испытаний ядерного оружия, следовательно, данные территории представляют радиационную опасность для населения.

В рамках реализации Закона РК «О Семипалатинской зоне ядерной безопасности» участки, которые представляют радиационную опасность для населения, а также участки, которые могут подвергнуться сверхнормативному радиоактивному загрязнению в результате миграции техногенных радионуклидов за пределы испытательных площадок, должны войти в состав Семипалатинской зоны ядерной безопасности (далее – СЗЯБ) (Рисунок 68) [1].

По месту расположения могильник М находится на значительном удалении от основных границ СЗЯБ, однако данный радиационно-опасный объект должен также войти в состав СЗЯБ. Радиоактивное загрязнение почвенного покрова на дневной поверхности на территории М в пределах локальных участков превышает допустимые уровни. Площадь могильника М составляет 4,1 км², из них Павлодарская область занимает 100% от общей площади могильника.

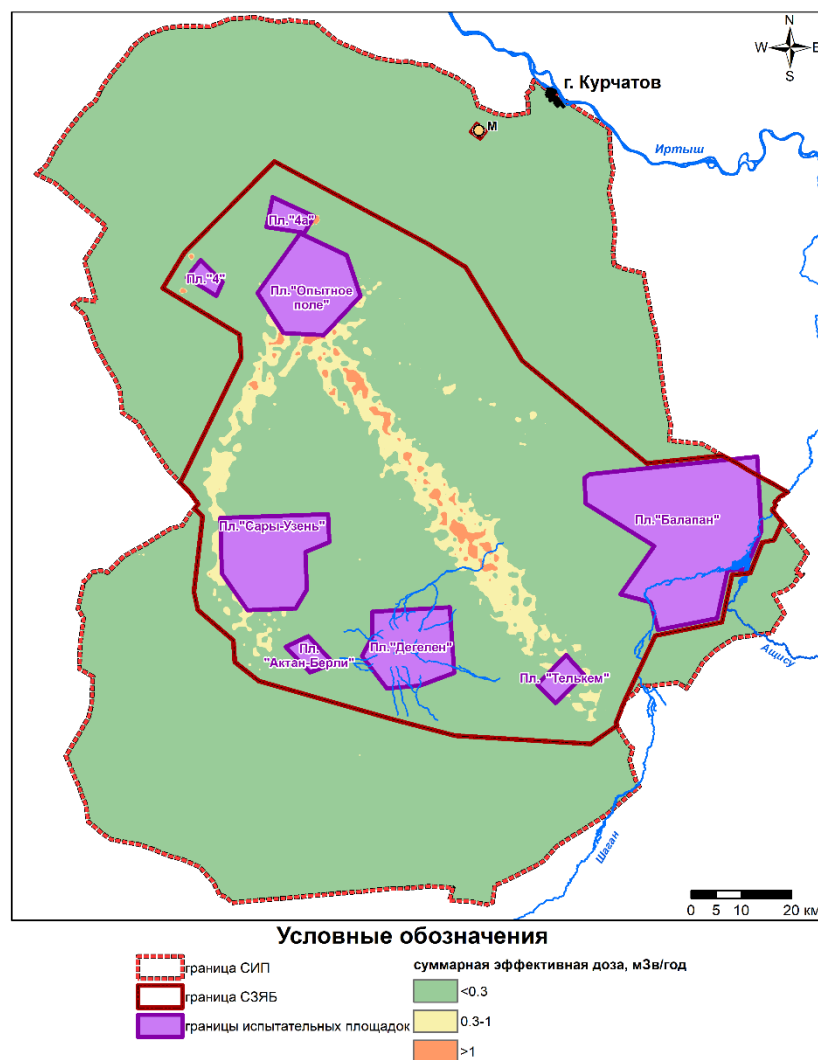


Рисунок 68. Предлагаемые границы Семипалатинской зоны ядерной безопасности

При определении границы СЗЯБ необходимо предусмотреть специальную территорию, отделяющую участки, представляющие радиационную опасность для населения от участков, не представляющих радиационную опасность для населения. Данная территория создается по аналогии с типичной санитарно-защитной зоной с целью ослабления воздействия неблагоприятных факторов на население и также должна войти в состав СЗЯБ.

В соответствии с санитарными правилами РК «Санитарно-эпидемиологические требования к санитарно-защитным зонам объектов, являющихся объектами воздействия на среду обитания и здоровье человека» санитарно-защитные зоны для объектов, являющихся объектами (источниками) воздействия на среду обитания и здоровье человека, устанавливаются на основании результатов предварительных расчетов рассеивания загрязнения атмосферного воздуха, радиационного воздействия на здоровье человека и натурных исследований и измерений [92]. Проведенные ранее расчеты и исследования показали, что размеры специальной территории, отделяющей участки, должны составлять не менее 1000 метров [93, 94, 95, 96].

Планируемая площадь СЗЯБ составляет ~8336,91 км², из них область Абай (бывшая Восточно-Казахстанская область) занимает 60,6% (5053,84 км²) от общей площади СЗЯБ, Павлодарская – 34,4% (2865,82 км²) и Карагандинская – 5,0% (417,25 км²). Расположение поворотных точек СЗЯБ представлено на рисунке (Рисунок 69), их географические координаты представлены в приложении (Приложение 26).

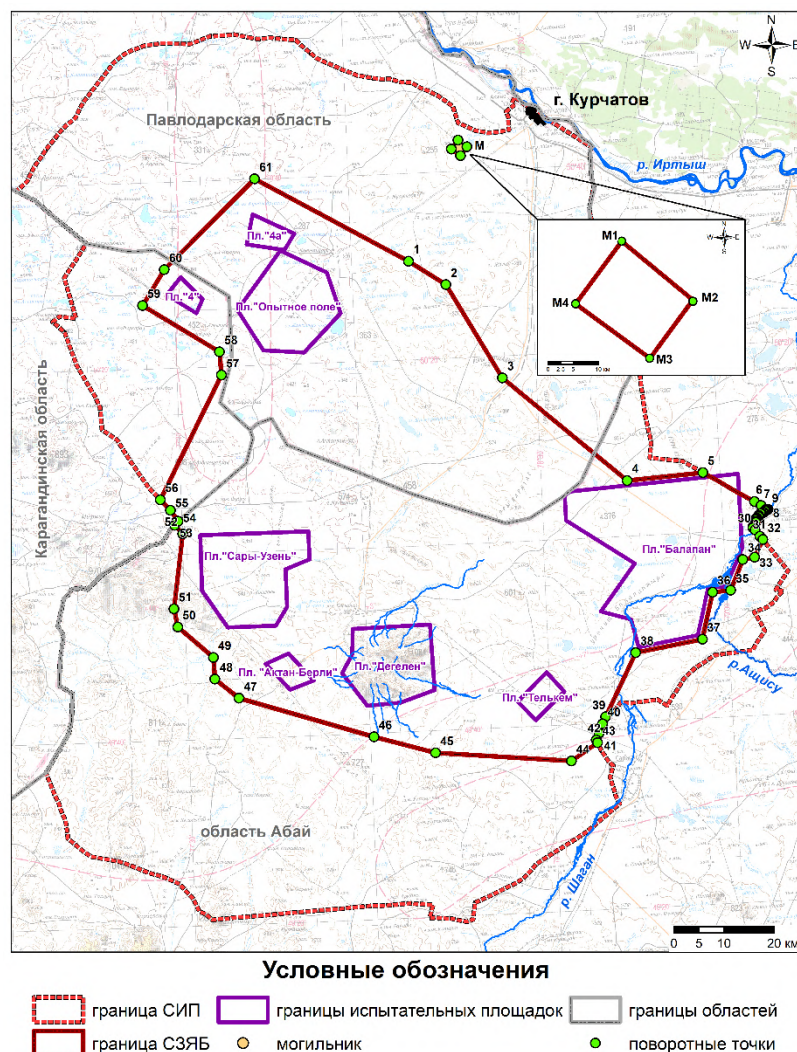


Рисунок 69. Схема расположения СЗЯБ с указанием поворотных точек

На основании результатов комплексного обследования СИП разработана система проведения постоянного мониторинга радиационного состояния основных компонентов окружающей среды. В соответствии с п. 1 статьи 5 Закона РК «О Семипалатинской зоне ядерной безопасности» приказом Министра энергетики РК от 30 октября 2023 года № 381 утверждены правила проведения постоянного мониторинга уровня радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвы и растений, а также определения параметров миграции радионуклидов в СЗЯБ [97]. Радиационный мониторинг состояния окружающей среды заключается в определении содержания техногенных радионуклидов в пробах компонентов природной среды, отобранных в пунктах мониторинга уровня радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвы и растений, а также определения параметров миграции радионуклидов на территории СЗЯБ.

Реализация радиационного мониторинга позволит, по данным систематических наблюдений, выявить пространственную и временную динамику процессов миграции техногенных радионуклидов в основных компонентах окружающей среды на территории полигона. Радиационный мониторинг на СЗЯБ позволит гарантировать отслеживание любых изменений радиационной обстановки и оперативно реагировать на них.

6.2 УЧАСТКИ, НЕ ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ РАДИАЦИОННУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

По результатам комплексного экологического обследования СИП, выполненного в период с 2008 по 2021 гг., на части территории полигона значение годовой эффективной дозы на человека составляет менее 0,3 мЗв/год от техногенных радионуклидов, образовавшиеся в результате испытаний ядерного оружия, следовательно, данные территории не представляют радиационную опасность для населения (Рисунок 70).

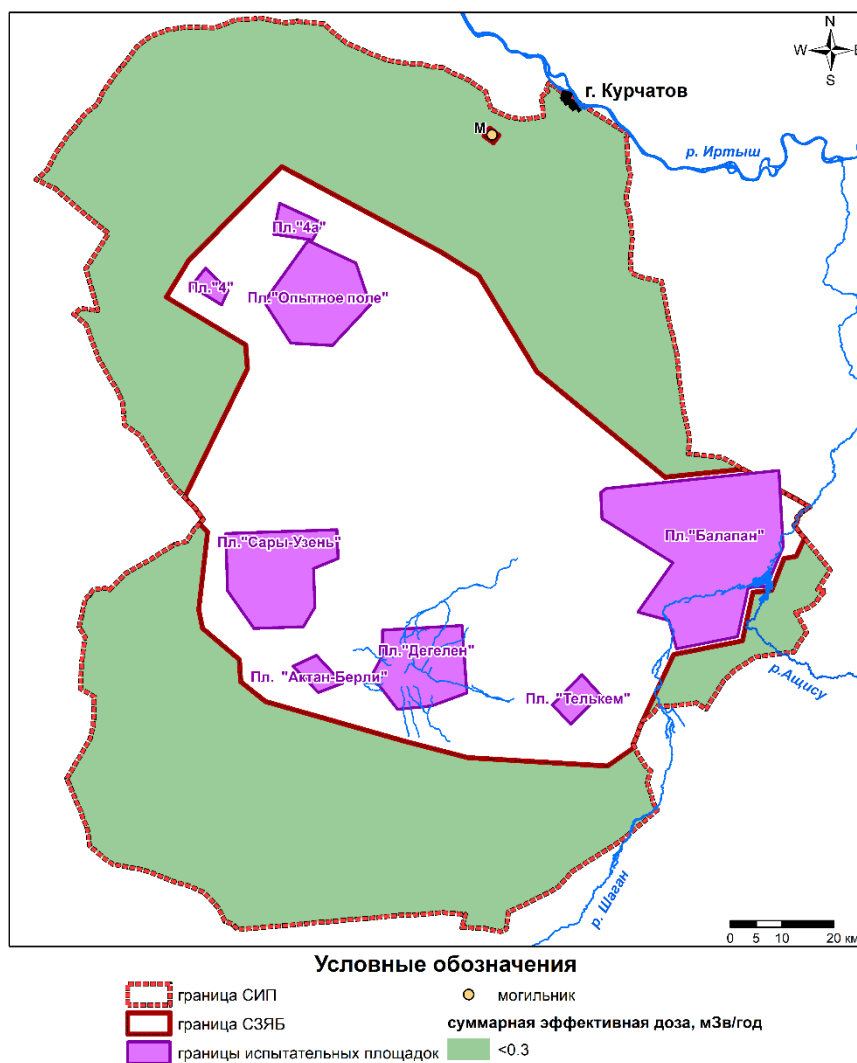


Рисунок 70. Схема расположения земельных участков СИП, не представляющих радиационную опасность для населения

Площадь земельных участков СИП, не представляющих радиационную опасность для населения ~9974,49 км², из них область Абай (бывшая Восточно-Казахстанская область) занимает 47,4% (4728,66 км²) от общей площади чистых территорий, Павлодарская – 43,6% (4348,08 км²) и Карагандинская – 9,0% (897,75 км²).

Так как текущее радиационное состояние объектов окружающей среды на СИП за пределами СЗЯБ стабильное и опасности для населения не представляет, то вышеуказанная территория потенциально может быть выведена из категории земель запаса СИП.

7. ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА ТЕРРИТОРИИ СЗЯБ

На основании данных, полученных от некоммерческого акционерного общества «Государственная корпорация «Правительство для граждан» (май 2024 г.), на планируемой территории СЗЯБ находятся 77 землеотводов, отведенных под крестьянские хозяйства, промышленные предприятия, а так же линии электропередач (ЛЭП) (Рисунок 71).

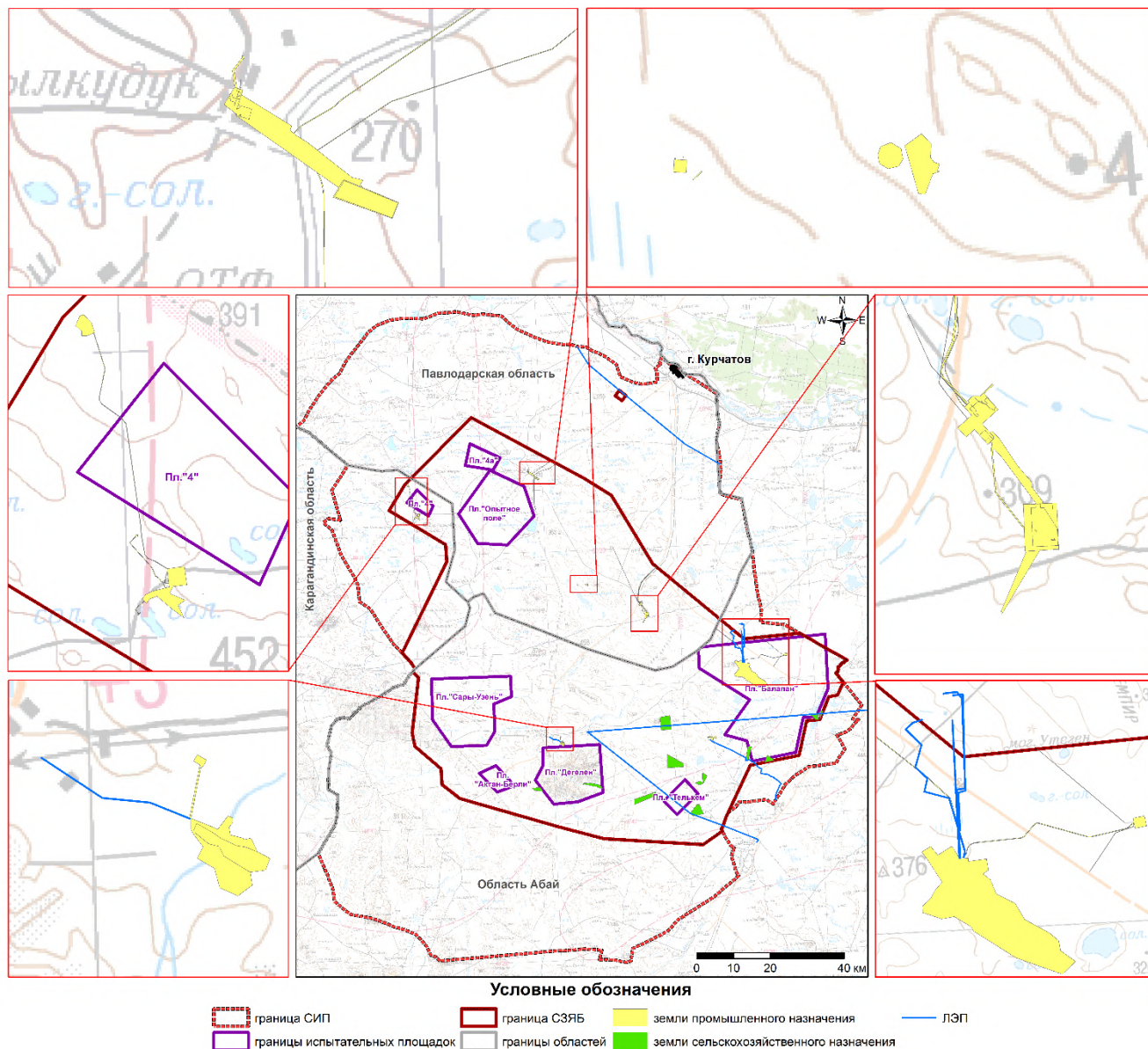


Рисунок 71. Схема расположения землеотводов на территории СЗЯБ

Из общего количества землеотводов в области Абай находится 31, в Павлодарской области – 37 и Карагандинской области – 9. Сведения о землеотводах и землепользователях представлены в приложении (Приложение 27).

Земли, выделенные для ведения промышленной деятельности (в том числе исследовательские реакторы РГП НЯЦ РК и их инфраструктура) и ЛЭП, могут использоваться в дальнейшем для выделенных целей при условии постоянного обеспечения радиационной безопасности персонала и радиационного мониторинга при проведении работ в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами РК [71, 98].

Земли, выделенные для сельскохозяйственного назначения на планируемой территории СЗЯБ, следует изъять у собственника или землепользователя в соответствии с подпунктом 4 статьи 81, пунктом 2 статьи 140 Земельного кодекса Республики Казахстан и Правилами

консервации земель, утвержденных постановлением Правительства от 29.09.2003 г. № 993 для последующего перевода их в состав СЗЯБ [99]. Общая площадь земельных участков, выделенных для сельскохозяйственного назначения, в пределах СЗЯБ составляет ~50,23 км² (Приложение 27). Данные участки могут представлять радиационную опасность для населения. Вопрос о передаче земель СЗЯБ в хозяйственное пользование может рассматриваться только после окончания мероприятий по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы комплексного экологического обследования, обосновывающие установление границ и площадей земельных участков СЗЯБ, подготовлены в соответствии с Законом РК «О Семипалатинской зоне ядерной безопасности» от 05.07.2023 г. № 16-VIII ЗРК на основании материалов комплексного экологического обследования территории СИП за период 2008-2021 гг. Целью комплексного экологического обследования являлось определение границ и площадей земельных участков, на которых ожидаемая эффективная доза облучения человека, при условии проживания и ведения хозяйственной деятельности, не превысит 0,3 мЗв в год, соответственно, а также определение границ и площадей земельных участков, на которых ожидаемая эффективная доза облучения превысит 0,3 мЗв в 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 [71].

В результате проведенных работ установлено, что площадь земель бывшего СИП, подвергшихся сверхнормативному радиоактивному загрязнению, а также участков, которые могут подвергнуться сверхнормативному радиоактивному загрязнению в результате миграции техногенных радионуклидов за пределы испытательных площадок, которые планируется ввести в зону СЗЯБ составляет ~8336,91 км², что составляет 45,5% от общей площади СИП (18311,4 км²). Из них область Абай (бывшая Восточно-Казахстанская область) занимает 60,6% (5053,84 км²), Павлодарская – 34,4% (2865,82 км², в том числе могильник М – 4,1 км²) и Карагандинская – 5,0% (417,25 км²). На данных участках необходимо проведение мероприятий по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия, а также вести постоянный радиационный мониторинг для отслеживания любых изменений радиационной обстановки и оперативного реагирования на них [97].

На планируемой территории СЗЯБ находятся 77 землеотводов. Земли, выделенные для ведения промышленной деятельности (в том числе исследовательские реакторы РГП НЯЦ РК и их инфраструктура) и ЛЭП, могут использоваться для выделенных целей при условии постоянного обеспечения радиационной безопасности персонала и радиационного мониторинга при проведении работ. Земли, выделенные для сельскохозяйственного назначения, следует изъять у собственника или землепользователя в соответствии с подпунктом 4 статьи 81, пунктом 2 статьи 140 Земельного кодекса Республики Казахстан и Правилами консервации земель, утвержденных постановлением Правительства от 29.09.2003 г. № 993 для последующего перевода их в состав СЗЯБ [99]. Общая площадь земельных участков, выделенных сельскохозяйственного назначения, в пределах СЗЯБ составляет ~50,23 км². Данные участки могут представлять радиационную опасность для населения. Вопрос о передаче земель СЗЯБ в хозяйственное пользование может рассматриваться только после окончания мероприятий по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия.

Площадь земельных участков СИП, не представляющих радиационную опасность для населения, составляет ~9974,49 км². Из них область Абай (бывшая Восточно-Казахстанская область) занимает 47,4% (4728,66 км²), Павлодарская – 43,6% (4348,08 км²) и Карагандинская – 9,0% (897,75 км²). На данной 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.

Границы и площади СЗЯБ, а также земельных участков, не представляющих радиационную опасность, указанные в данных материалах, будут уточнены в ходе составления землеустроительных проектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Закон Республики Казахстан от 5 июля 2023 года № 16-VIII ЗРК «О Семипалатинской зоне ядерной безопасности» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 183766).
- 2 Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 8 апреля 2022 года № 126 «Об утверждении Методики по проведению комплексного экологического обследования земельных участков, на которых проводились испытания ядерного оружия» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 166826) в редакции приказа Министра энергетики Республики Казахстан «О внесении изменений в приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 8 апреля 2022 года № 126 «Об утверждении Методики по проведению комплексного экологического обследования земельных участков, на которых проводились испытания ядерного оружия» от 30 октября 2023 года № 380 (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 187753).
- 3 Карта «Граница территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона» (2004 год). Масштаб 1:500000. Исполнитель: Агентство Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами, РГКП Востокгеодезия.
- 4 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. - 320 с.
- 5 Гвоздецкий Н. А., Михайлов Н. И. Физическая география СССР. Азиатская часть: Учебник для студентов геогр. фак. ун-тов. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Мысль, 1978. – 512 с.
- 6 Веселова Л.К. Геоморфология Казахстана: учеб. пособие/Л.К. Веселова. - Алматы: Қазақ университеті, 2018. – 172 с.
- 7 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.
- 8 Никитин И.Ф., Глухенький В.Я. Государственная геологическая карта СССР, Серия Чингиз-Саурская лист М-43-XXIV (Объяснительная записка) / Министерство геологии СССР 1986 г, 98 с.
- 9 Кузнецов А.П. Гидрогеология СССР том XXXVII Восточный Казахстан / Издательство «Недра», Москва 1971 г, 308 с.
- 10 Глухенький В.Я., Пахольюк В.П., Магеррамов А.Д., Лобачева Т.К. Государственная геологическая карта СССР, Серия Чингиз-Саурская лист М-43-XVIII (объяснительная записка) / Министерство геологии СССР, Москва 1987 г, 95 с.
- 11 Магеррамов А.Д., Глухенький В.Я. Гидрогеологическая карта СССР, Серия Чингиз-Саурская лист М-43-XVIII (объяснительная записка) / Министерство геологии СССР, М.: 1989 г. – 63 с.
- 12 Сидоренко А.В. Гидрогеология СССР. Карагандинская область, Том XXXIV/ М.: Изд-во «Недра», 1970 г. – 563 с.
- 13 Объяснительная записка уч.№023. Серия Чингиз-Саурская. Лист М-43-XII (Подпуск). Составители: В.Я. Глухенький, В.П. Пахольюк, А.Д. Магеррамов, Т.К. Лобачева. Редактор М.И. Александрова. Утверждено Научно-редкционным советом Мингео СССР при ВСЕГЕИ от 23 декабря 1982 г., протокол №33. Москва 1988.
- 14 Объяснительная записка уч.№058. Серия Чингиз-Саурская. Лист М-43-XVIII (свх. Кызылкудук). Составители: В.Я. Глухенький, В.П. Пахольюк, А.Д. Магеррамов, Т.К. Лобачева. Редактор И.Ф. Никитин. Утверждено Научно-редкционным советом Мингео СССР при ВСЕГЕИ от 25 декабря 1981 г., протокол №36. Москва 1987.
- 15 Объяснительная записка уч.№0192. Серия Чингиз-Саурская. Лист М-43-XXIV (Айнабулак). Составитель: В.Я. Глухенький. Редактор И.Ф. Никитин. Утверждено Научно-редкционным советом ВСЕГЕИ от 24 декабря 1976 г., протокол №33. Москва 1986.

- 16 Объяснительная записка уч.№050. Серия Чингиз-Саурская. Лист М-44-XIX. Составители: С.С. Кузьмин, А.В. Сополев, А.Х. Кагарманов. Редактор Г.П. Клейман. Утверждено Научно-редкционным советом ВСЕГЕИ от 10 марта 1978 г., протокол №4. Москва 1981.
- 17 Объяснительная записка уч.№037. Серия Чингиз-Саурская. Лист М-43-XVII. Составители: А.Д. Магеррамов, В.Я. Глухенький. Редактор М.А. Хордикайнен. Утверждено гидрогеологической секцией Научно-редкционным советом Министерства геологии СССР при ВСЕГЕИ от 25 декабря 1981 г., протокол №8. Москва 1989.
- 18 Отчет о результатах комплексной геолого-гидрогеологической съемки масштаба 1:200000, проведенной Семипалатинской геологической экспедиции и гидрогеологической экспедицией ВКГУ в 1967-71 гг. на территории листов М-44-XIII и М-44-XIV.
- 19 Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 (Объяснительная записка уч.№058. Серия Чингиз-Саурская. Лист М-44-XIX. Составители: С.С. Кузьмин, А.В., Сополев, А.Х. Кагарманов.. Утверждено Научно-редкционным советом Мингео СССР при ВСЕГЕИ от 10 марта 1978 г., протокол №4. Москва 1981).
- 20 <https://gis.geology.gov.kz/geo/>.
- 21 Почвы Казахской ССР. Павлодарская область. – Алма-Ата: Наука, 1960. – 256 с.
- 22 Вернер Дж. Д. Радиационное загрязнение почв Семипалатинского испытательного полигона и возможности их реабилитации / Дж. Д. Вернер, Р.Ю. Магашева, Г.Н. Якунин // Здоровье человека и окружающая среда: материалы конф., 2001г. – Бишкек, 2001. – С. 30-36.
- 23 Магашева Р.Ю. Характер радиоактивного загрязнения почвенного покрова СИП / Р.Ю. Магашева, А.В. Паницкий, А.М. Кабдыракова // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2010. – № 3 (14). – С.54 -63.
- 24 Магашева Р.Ю. Характеристика почвенно-растительного покрова испытательной площадки «Дегелен» / Р.Ю. Магашева, Б.М. Султанова, А.В. Паницкий // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2011-2012 г.] / под рук. Лукашенко С.Н. – Павлодар: Дом печати, 2013. – Т.2. – Вып. 4. – С. 287-310. – ISBN 978-601-7112-74-5.
- 25 Паницкий А.В., Лукашенко С.Н., Магашева Р.Ю. Особенности вертикального распределения радионуклидов в почвах бывшего Семипалатинского полигона // Фундам. Исследования, 2013 – №10 (часть 10). С. 2231–2236
- 26 Глухенький В.Я. Карта полезных ископаемых СССР масштаба 1:200 000, серия Чингиз-Саурская. Лист М-43-XVIII: Пояснительная записка к карте/ В.Я. Глухенький, И.Ф. Никитин. – Ленинград: Центрально-Казахстанское производственное геологическое объединение (Центрказгеология), 1981.
- 27 Итоговый отчет за 2008 год. Республиканская бюджетная программа 011 «Обеспечение радиационной безопасности» мероприятие 3 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона».
28. Карамышева З.В. Ботаническая география степной части Центрального Казахстана /З.В. Карамышева, Е.И.Рачковская. – Л.: Наука, 1973. – 277с.
- 29 Dujsebayeva 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.
- 30 Хромов В.А., Даутбаев Р.Д. К орнитофауне Семипалатинской области. В сб. Абай даристері ғылым практикалык конференциясынын тезистері. Семей, 1992.
- 31 Ковшарь А.Ф. Мир птиц Казахстана. Алма-Ата, Мектеп, 1988, 270 с.
- 32 Khromov V.A., Pilguk O.N. The Amphibian Fauna of Semipalatinsk Province, North-Eastern Kazakstan. In Herpetology' 97 (ed. Z. Rocek and S. Hart). Prague, Czech Republic, 1997, 152 p.
- 33 Хромов В.А., Сейсебаев А.Т. О фауне позвоночных животных урочища Балапан (Семипалатинский ядерный полигон). В сб. Материалы международной конференции «Радиационная безопасность и социально-экологические проблемы Казахстана», Караганда, Ғылым, 1997, 133-139.

-
- 34 Атаханова К.Я. Эколого-генетическая характеристика некоторых видов позвоночных животных, обитающих на территории Семипалатинского испытательного полигона. В сб. Материалы международной конференции «Радиационная безопасность и социально-экологические проблемы Казахстана», Караганда, Гылым, 1998, 121-129.
- 35 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.
- 36 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.
- 37 Хромов В.А. Позвоночные животные Семипалатинского региона. Вестник Университета «Семей», № 5-6, 1999, стр.56-65.
- 38 Березовиков Н.Н. и др. 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, Пущино-на-Оке, 2000, стр. 26-28.
- 39 Дуйсебаева Т.Н., Березовиков Н.Н., Брушко З.К., Кубыкин Р.А., Хромов В.А. Озерная лягушка (*Rana ridibunda*) в Казахстане: изменение ареала в XX столетии и современное распространение вида. Современная герпетология, том 3-4, стр. 29-49, 2005.
- 40 Хромов В.А. К герпетофауне некоторых территорий семипалатинского испытательного ядерного полигона. Мат. межд. конф. «Современные проблемы сохранения биоразнообразия», Алматы, 2006, стр.136.
- 41 Хромов В.А., Кадырова Н.Ж., Паницкий А.В. «О биоразнообразии позвоночных животных Семипалатинского испытательного ядерного полигона» Материалы III международной научно-практической конференции «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и проблемы нераспространения», Курчатов, 2008, стр.46-48.
- 42 Книга генетического фонда фауны Казахской ССР. Ч.1. Позвоночные животные. Алма-Ата: Наука, 1989.
- 43 Красная Книга Казахской ССР. Ч. 1. Позвоночные животные. Алма-Ата, Кайнар, 1978. 203 с.
- 44 Птицы Казахстана / под ред. И.А. Долгушина, М.Н. Корелова, А.Ф. Ковшаря. Алма-Ата, Наука, 1960-1974, ТТ. I – V.
- 45 Земельный кодекс Республики Казахстан от 20 июня 2003 года № 442 (зарегистрирован в Реестре государственной регистрации нормативных правовых актов № 108405).
- 46 Закон Республики Казахстан от 12 января 2016 года № 442-V «Об использовании атомной энергии» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 97326).
- 47 Закон Республики Казахстан от 16 мая 2014 г. №202-V «О разрешениях и уведомлениях» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 80091).
- 48 Земельный кодекс Республики Казахстан от 20 июня 2003 года № 442-II (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 15924).
- 49 Закон Республики Казахстан от 26 декабря 2019 года № 288-VI «Об охране и использовании объектов историко-культурного наследия» ЗРК (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 137700).
- 50 Постановление акимата области Абай от 20 марта 2023 года № 58 «Об утверждении Государственного списка памятников истории и культуры местного значения» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 179196).
- 51 Постановление акимата Павлодарской области от 19 мая 2020 года № 106/2 «Об утверждении государственного списка памятников истории и культуры местного значения»

Павлодарской области» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 143608).

52 Постановление акимата Карагандинской области от 13 августа 2024 года № 50/01 «Об утверждении государственного списка памятников истории и культуры местного значения Карагандинской области» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 199823).

53 Закон Республики Казахстан от 7 июля 2006 года № 175 «Об особо охраняемых природных территориях» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 28852).

54 Постановление Правительства Республики Казахстан от 26 сентября 2017 года № 593 «Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий республиканского значения» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 114831).

55 Годовой информационный отчет ДГП ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 011 «Обеспечение радиационной безопасности» мероприятие 3 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2008 год (по Договору №36-2008 от 10.10.2008 г).

56 Годовой информационный отчет ДГП ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 011 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан» мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2009 год (по Договору №17-2009 от 10.10.2009 г).

57 Годовой информационный отчет ДГП ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 038 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан» мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2010 год (по Договору №4-2010 от 19.02.2010 г).

58 Годовой информационный отчет ДГП ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 038 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан» мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2011 год (по Договору №1/3 от 19.02.2011 г).

59 Годовой информационный отчет ДГП ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 038 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан» мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2012 год (по Договору №2/3 от 20.02.2012 г).

60 Годовой информационный отчет ДГП ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 038 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан» мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2013 год (по Договору №КАЭ-59 от 26.08.2013 г).

61 Годовой информационный отчет ДГП ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 038 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан» мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2014 год (по Договору №КАЭ-35 от 11.05.2014 г).

62 Годовой информационный отчет ДГП ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 008 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан» мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2015 год.

63 Годовой информационный отчет ДГП ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 008 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан» мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2016 год.

64 Годовой информационный отчет ДГП ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 008 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан» мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2017 год.

- 65 Годовой информационный отчет филиала ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 036 «Развитие атомных и энергетических проектов», подпрограмма 101 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан», мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2018 г.
- 66 Годовой информационный отчет филиала ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 036 «Развитие атомных и энергетических проектов», подпрограмма 101 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан», мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2019 г.
- 67 Годовой информационный отчет филиала ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 036 «Развитие атомных и энергетических проектов», подпрограмма 101 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан», мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2020 г.
- 68 Годовой информационный отчет филиала ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской бюджетной программе 036 «Развитие атомных и энергетических проектов», подпрограмма 101 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан», мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» за 2021 г.
- 69 ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб».
- 70 Гусев Н.Г., Рубцов П.М. Радиационные характеристики продуктов деления. Справочник. Атомиздат, 1974, 224 с.
- 71 Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа 2022 года № ҚР ДСМ-71 «Об утверждении гигиенических нормативов к обеспечению радиационной безопасности» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 170343).
- 72 Логачев В. Радиоэкологические последствия испытаний БРВ на Семипалатинском полигоне // Бюллетень центра общественной информации по атомной энергии, №12, 2002 г.
- 73 Приказ и.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 13 августа 2021 года № 327 «Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 157905).
- 74 СТ РК ГОСТ Р 51593-2003 «Вода питьевая. Отбор проб».
- 75 СТ РК ГОСТ Р 51592-2003 «Вода. Общие требования к отбору проб».
- 76 СТ РК 1545-2006 «Радиационный контроль. Отбор проб поверхностных и сточных вод».
- 77 СТ РК СТБ 1058-2006 «Радиационный контроль. Отбор проб атмосферного воздуха. Общие требования».
- 78 ҚР СТ ISO 1277-2017 КАЧЕСТВО почвы. Определение гранулометрического состава минеральных почв. Метод просеивания и осаждения».
- 79 Ежегодный информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан, РГП «КАЗГИДРОМЕТ».
- 80 Приказ и.о. Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 19 декабря 2014 года № 18-04/675 «Об утверждении Правил выдачи разрешений на пользование животным миром» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 181398).
- 81 СТ РК 1623-2007 «Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка».
- 82 Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / А.П. Калашников, Н.И. Клейменов, В.Н. Баканов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
- 83 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments, IAEA –TECDOC–1616, IAEA, Vienna (2009)

-
- 84 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)
- 85 Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2010. (Technical reports series, ISSN 0074–1914; no. 472).
- 86 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments, IAEA –TECDOC–1616, IAEA, Vienna (2009)
- 87 Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана. Выпуск 5. Оптимизация исследований территорий Семипалатинского испытательного полигона с целью их передачи в хозяйственный оборот / под рук. Лукашенко С.Н. – Павлодар: Дом печати, 2015. – 356 с.
- 88 Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана. Выпуск 1. Радиоэкологическое состояние «северной» части Семипалатинского испытательного полигона / под рук. Лукашенко С.Н. – Павлодар: Дом печати, 2010. 61-62 С.
- 89 Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиоактивные выбросы в биосфере: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.
- 90 Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 9 декабря 2016 года № 503 «Об утверждении научно обоснованных физиологических норм потребления продуктов питания» (зарегистрирован в Реестре государственной регистрации нормативных правовых актов за № 109078).
- 91 Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 20 февраля 2023 года № 26 «Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемным, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 178763).
- 92 Приказ и.о. Министра здравоохранения Республики Казахстан от 11 января 2022 года № ҚР ДСМ-2 «Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к санитарно-защитным зонам объектов, являющихся объектами воздействия на среду обитания и здоровье человека» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 163234).
- 93 Турченко Д.В., Лукашенко С.Н., Айдарханов А.О., Паницкий А.В., Оценка состояния загрязненности воздушного бассейна на испытательной площадке «Опытное поле» при проведении сельскохозяйственных работ, Вестник НЯЦ РК, Выпуск 4, декабрь 2013, 59 с.
- 94 Turchenko D.V. Research into the current radiological state of air and monitoring observations on STS and the adjacent territory / D.V. Turchenko, A.O. Aidarkhanov, A.K. Aidarkhanova, M.R. Aktayev, A.L. Dashuk, A.A. Kruglykhin // Journal of Environmental Radioactivity. – 2023. – Vol. 264. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2023.107199>.
- 95 Круглыхин А.А., Ляхова О.Н., Турченко Д.В., Кабдыракова А.М., Дашук А.Л. Уровни радиоактивного загрязнения воздушной среды на следах радиоактивных выпадений от ядерных испытаний на СИП (1949, 1951 и 1953 гг.), Вестник НЯЦ РК, Выпуск 4, декабрь 2018, 165-170 с.
- 96 Технический отчет по Проекту МНТЦ К-928 «Комплексные исследования радиоактивного загрязнения системы атмосфера-подстилающая поверхность и оценки радиационных рисков для населения Семипалатинского региона» / Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК, 2006 г.
- 97 Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 30 октября 2023 года № 381 «Об утверждении Правил проведения постоянного мониторинга уровня радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвы и растений, а также определения параметров миграции радионуклидов в Семипалатинской зоне ядерной безопасности» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 187756).

98 Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 15 декабря 2020 года № ҚР ДСМ-275/2020 «Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 150105).

99 Постановление Правительства Республики Казахстан «Об утверждении Правил консервации земель» от 29 сентября 2003 года № 993 (зарегистрирован в Государственном реестре нормативных правовых актов Республики Казахстан № 17084).