

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН**

SATBAYEV UNIVERSITY

Институт Химических и биологических технологий

Кафедра Химические процессы и промышленная экология

6М060800 – «Экология»

СЫГАЕВ ЕРМЕК КЫДЫРБЕКОВИЧ

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКУРЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ
ПЛАНИРОВАНИИ ЛИКВИДАЦИИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО
ПРЕДПРИЯТИЯ УРАНА**

Алматы 2020

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН**

SATBAYEV UNIVERSITY

**Институт Химических и биологических технологий
Кафедра Химические процессы и промышленная экология**

УДК _____

На правах рукописи

Сыгаев Ермек Кыдырбекович

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации

Оценка воздействий на
окружающую среду при
планировании ликвидации
горнодобывающего
предприятия урана

Направление подготовки

6М060800 – «Экология»

Научный руководитель

Доктор технических наук, профессор

_____ Тургумбаева Халима Халдарбековна

«_____» _____ 2020 года

Рецензент

К.б.н., ассоц. профессор ИХ и БТ

Satbayev University

Анапияев Бауржан Бейсембекович

«_____» _____ 2020 года

Нормаконтроль

Заведующий кафедрой

**Химические процессы и
промышленная экология**

«_____» _____ 2020 года

_____ Кубекова Ш.Н.

Допущен к защите

Заведующий кафедрой

**Химические процессы
и промышленная экология**

«_____» _____ 2020г

_____ Кубекова Ш.Н.

г. Алматы

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН
Satbayev University**

Институт Химических и биологических технологий

Кафедра Химические процессы и промышленная экология

6M060800 – «Экология»

УТВЕРЖДАЮ

**Заведующий кафедрой химических процессов и
промышленной экологии**

_____ **Кубекова Ш.Н.**

«_____» _____ **2020 года**

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Сыгаеву Еркему Кыдырбековичу

Тема: Оценка воздействий на окружающую среду при планировании ликвидации гонодобывающего предприятия урана.

Утвержден приказом ректора Университета № 1226 –М от «31» октября 2018 года.

Срок сдачи законченной диссертации «6» августа 2020 года

Исходные данные к магистерской диссертации: Производственная деятельность рудника Харасан-2; фоновые данные экологического состояния территории расположения рудника и прилегающих территорий, виды землепользования на прилегающих территориях.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) Общие вопросы по обзору литературы и современного состояния вопроса исследования.*
- б) Сбор и анализ имеющихся фоновых данных по состоянию окружающей среды в исследуемом районе (рудник Харасан-2, ТОО «Байкен»).*
- в) Определение радиоактивности загрязненной почвы под дневной поверхностью;*
- г) Исследование влияния урана на человеческий организм*
- в) Результаты, выводы и заключения согласно полученной информации*

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю	Примечание
Аналитический обзор литературы	12.07.2020	Выполнено
Результаты: 1) по проведению обследования фоновых данных об экологическом состоянии в исследуемом районе; 2) по определению радиоактивности загрязненной почвы под дневной поверхностью; 3) по исследованию влияния урана на человеческий организм; 4) Результаты, выводы и заключения согласно полученной информации	12.07.2020	Выполнено
Обсуждение результатов и рекомендаций по проведенным обследованиям фоновых данных об экологическом состоянии ОС в исследуемом районе, объемов загрязненной почвы под дневной поверхностью, влиянию урана на человеческий организм	20.07.2020г.	Выполнено

Научный руководитель _____ Тургумбаева Халима Халдарбековна

Задание принял к исполнению
обучающийся _____ Сыгаев Ермек Кыдырбекович

Дата «29» июля 2020 года

Подписи

консультантов на законченную магистерскую диссертацию с указанием
относящихся к ним разделов диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Консультанты Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Аналитический обзор литературы	Туругумбаева Халима Халдарбековна (д.т.н., профессор)	12.07.2020	
1) Сбор и анализ по обследованию фоновых данных об экологическом состоянии ОС в исследуемом районе; 2) Определение радиоактивности загрязненной почвы под дневной поверхностью; 3) Исследования влияния урана на человеческий организм; 4) Результаты, выводы и заключения согласно полученной информации	Туругумбаева Халима Халдарбековна (д.т.н., профессор)	12.07.2020	
Обсуждение результатов и рекомендаций по проведенным обследованиям фоновых данных об экологическом состоянии ОС в исследуемом районе, объемов загрязненной почвы под дневной поверхностью, влиянию урана на человеческий организм	Туругумбаева Халима Халдарбековна (д.т.н., профессор)	20.07.2020	

Научный руководитель _____ Туругумбаева Х. Х.

Задание принял к исполнению _____ Сыгаев Е. К.

Дата «29» июля 2020 года

Аңдатпа

Магистрлік диссертация 62 бетте ұсынылған және 17 сурет пен 6 кестеден тұрады. 33 Пайдаланылған ақпарат көзі бар.

Жұмыстың мақсаты: уран өндіру жөніндегі тау-кен өндіру кәсіпорнын таратуды жоспарлау кезінде жер қойнауын пайдалану объектісін, сондай-ақ жер қойнауын пайдаланушы қозғаған аумақтарды қолайлы қоршаған ортамен үйлесетін өзін-өзі жеткілікті экожүйе жағдайына қайтаруды қамтамасыз ететін жою міндеттерінің иерархиялық бірізділігін айқындау қажет.

Зерттеу міндеттері:

1. Зерттелетін аудандағы ОЖ-нің экологиялық жай-күйі туралы қолда бар фондық деректерді жинау және талдау, жекелеген іс-шаралар деңгейіне дейін жою міндеттерінің иерархиялық реттілігіне әзірлеу және одан әрі енгізу мақсатында жоқ деректерді анықтау;

2. Күндізгі жер астындағы ластанған топырақтың радиоактивтілігін анықтау;

3. Уранның адам ағзасына әсерін анықтау.

Зерттеу әдістері: зерттелетін аймақтағы ОЖ-нің экологиялық жағдайы туралы фондық мәліметтерді жинау және талдау, ластанған топырақтың радиоактивтілігін анықтау, уранның адам ағзасына әсері.

Зерттеу объектілері: Харасан-2 кеніші объектілерінің өндірістік қызметі; кеніш орналасқан аумақтың экологиялық жай-күйінің фондық деректері, ластанған топырақ, уранның адам ағзасына әсері.

Зерттеудің негізгі идеялары мен тұжырымдары:

1) Жиналған фондық деректерді талдау кәсіпорында мынадай деректер жоқ екенін көрсетті: кенішке іргелес жатқан аумақтарда топырақтағы, судағы және атмосфералық ауаның жер үсті қабатындағы радиациялық фон бойынша: қыстауларда және ұшуларда, мал жаю орындарында, қалдықтар мен дайын өнімді тасымалдау бағыттарының бойында; топырақтың ластануы туралы деректер; қыстаулардағы, ұшудағы және мал жаю орындарындағы құдықтардағы судың ластануы мен химиялық құрамы туралы деректер, биоәртүрлілік мониторингінің деректері. Кәсіпорын жоқ деректер бөлігінде зерттеулер жүргізуі қажет, бұл жою іс-шараларының бірізділігін анықтауға, оларды орындау тәртібін және түпкілікті нәтижелерді айқындауға мүмкіндік береді, өйткені жою мақсаты жер қойнауын пайдалану объектісін, сондай-ақ жер қойнауын пайдалануға қатысты аумақтарды қолайлы қоршаған ортамен үйлесімді өзін-өзі қамтамасыз ететін экожүйе жағдайына қайтару болып табылады.

2) зертханалық талдау көмуге шығарылатын ластанған топырақты төмен радиоактивті қалдықтарға жатқызуға болатынын көрсетті, бірақ оның белсенділігі ең аз мәнді меншікті белсенділіктен аспайды. Үлкен

алаңдардағы топырақ жамылғысындағы радионуклидтер құрамының табиғи табиғи фонын қалпына келтіру және қалпына келтіру мәселелерін шешу үшін уақыт өте келе иондаушы сәулелердің көздерін табиғи табиғи фонға дейін бейтараптандыратын арнайы тандалған көпжылдық өсімдіктерді қолдана отырып, қалпына келтірудің жаңа әдістерін әзірлеу қажет.

3) зерттеулер ұсынылған әдістеме бойынша 4 мкг/л несептен аспайтын шектегі биосыналардағы уран концентрациясының мәнін көрсетті (40 түрлі донордан астам несеп сынамалары пайдаланылды). Сипатталған әдісті қолдана отырып енгізілген жедел бақылау және хирургиялық араласу процедуралары қызметкерлердің ТБ талаптарын орындау, ЖҚҚ қолдану кезінде назар мен жауапкершілікті арттырады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы және практикалық маңыздылығы:

1) фондық деректерді жинауды талдау нәтижелері 2021 жылы экологиялық және әлеуметтік зерттеулерге дайындық кезеңі болып табылады, алынған жаңа деректер зерттелетін аумақтың жай-күйінің фондық сипаттамаларын жаңартуға, теріс әсер ету тәуекелдерін анықтауға, кен орнын қоршаған аумақтардағы экологиялық және әлеуметтік жағдайларды зерделеуге мүмкіндік береді.

2) пайдаланылған учаскелерге рекультивация жүргізу кезіндегі талаптарға сәйкес құрамында зиянды компоненттері мен қосылыстары бар топырақты алу және дезактивациялау, өнімді горизонттың жер асты суларының қалдық қышқылдығын жою және ерітінділердегі уранның құрамын ең төменгі көрсеткіштерге дейін төмендету болып табылады. Алайда, резервуарлық суларды қалпына келтіру бойынша бірыңғай талаптар және резервуарлық сулардағы ауыр металл тұздарының қалдық құрамын қатаң реттейтін нормативтік құжаттар көп жақты қарауды және зерттеуді қажет ететін мәселенің күрделілігіне байланысты әлі қабылданған жоқ;

3) уран өндіруші кәсіпорындар қызметкерлерінің адам зәріндегі уран құрамының мониторингі табиғи уран негізінде ашық радионуклидті көздердің әсеріне ұшырайтын персоналдың кәсіби ішкі сәулеленуін дозиметрлік бақылау жүйесінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Бақылау үшін міндетті ішкі сәулелену деңгейін анықтау үшін қызметкердің уран өндіруші кәсіпорындардағы уранды қайта өңдеу өнімдерімен қалай және қандай дәрежеде байланысатынын талдау қажет.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация изложена на 62 страницах и состоит из 17 рисунков и 6 таблиц. Содержит 33 использованных источников информации.

Цель работы: При планировании ликвидации горнодобывающего предприятия по производству урана необходимо определить иерархическую последовательность задач ликвидации, которая обеспечит возврат объекта недропользования, а также затронутых недропользователем территорий в состояние самодостаточной экосистем, совместимые с благоприятной окружающей средой.

Задачи исследования:

1. Сбор и анализ имеющихся фоновых данных об экологическом состоянии ОС в исследуемом районе, определение отсутствующих данных с целью разработки и дальнейшего включения в иерархическую последовательность задач ликвидации до уровня отдельных мероприятий;
2. Определение радиоактивности загрязненной почвы под дневной поверхностью;
3. Определение влияния урана на человеческий организм.

Методы исследования: сбор и анализ фоновых данных об экологическом состоянии ОС в исследуемом районе, определение радиоактивности загрязненной почвы, воздействие урана на человеческий организм.

Объекты исследования: Производственная деятельность объектов рудника Харасан-2; фоновые данные экологического состояния территории расположения рудника, загрязненная почва, влияние урана на человеческий организм.

Основные идеи и выводы исследований:

1) Анализ собранных фоновых данных показал, что на предприятии отсутствуют следующие данные: по радиационному фону в почве, воде и приземном слое атмосферного воздуха на прилегающих к руднику территориях: на зимовках и летовках, местах выпаса скота, вдоль маршрутов транспортировки отходов и готовой продукции; данные о загрязнении почв; данные о загрязнении и химическом составе воды в колодцах, находящихся на зимовках, летовках и местах выпаса скота, данные мониторинга биоразнообразия. Предприятию, необходимо провести исследования в части отсутствующих данных, что позволит определить последовательность мероприятий ликвидации, определение порядка их исполнения и конечных результатов, так как целью ликвидации является возврат объекта недропользования, а также затронутых недропользованием территорий в состояние

самодостаточной экосистемы, совместимой с благоприятной окружающей средой.

2) Лабораторный анализ показал, загрязненный грунт, вывозимый на захоронение, можно отнести к низкорadioактивным отходам, хотя его активность не превышает минимально значимой удельной активности. Для решения вопросов рекультивации и восстановления естественного природного фона содержаний радионуклидов в почвенном покрове на больших площадях необходимо разрабатывать новые методы рекультивации с применением специально подобранных многолетних растений, со временем нейтрализующие источники ионизирующих излучений до естественного природного фона.

3) Исследования, по предложенной методике, показали содержание значения концентрации урана в биопробах в пределах не более 4 мкг/л мочи (использованы пробы мочи более 40 разных доноров). Введенный с помощью описанного метода оперативный контроль и процедуры оперативного вмешательства предопределяют повышенное внимание и ответственность при выполнении требований ТБ персоналом, использовании СИЗ.

Научная новизна исследования и практическая значимость:

1) Результаты анализа сбора фоновых данных являются подготовительным этапом к экологическим и социальным исследованиям в 2021 году, полученные новые данные позволят обновить фоновые характеристики состояния исследуемой территории, определить риски негативного воздействия, изучить экологические и социальные условия на окружающих месторождение территориях.

2) Согласно требований при проведении рекультивации отработанных участков является изъятие и дезактивация грунта, содержащего вредные компоненты и соединения, ликвидация остаточной кислотности подземных вод продуктивного горизонта и снижение содержание урана в растворах до минимальных показателей. Однако единые требования по восстановлению пластовых вод и нормативные документы, жестко регламентирующие остаточное содержание солей тяжелых металлов в пластовых водах еще не приняты в виду сложности вопроса, требующего многостороннего рассмотрения и изучения;

3) Мониторинг содержания урана в моче человека работников уранодобывающих предприятий является важной составляющей системы дозиметрического контроля профессионального внутреннего облучения персонала, подвергающегося воздействию открытых радионуклидных источников на основе природного урана. Для определения лиц обязательных для контроля уровня внутреннего облучения необходимо проанализировать, как и в какой степени

сотрудник контактирует с продуктами передела урана на уранодобывающих предприятиях.

ANNOTATION

The master's thesis is presented on 62 pages and consists of 17 drawings and 6 tables. Contains 33 information sources used.

Objective: When planning the liquidation of the mining enterprise for the production of uranium, you need to define hierarchical task sequence elimination, which will ensure the return of the object of subsoil use and subsoil affected areas in the state of self-sustaining ecosystems that are compatible with a favourable environment.

Research problem:

1. Collection and analysis of available background data on the environmental status of OS in the study area, identification of missing data in order to develop and further include in the hierarchical sequence of elimination tasks to the level of individual measures;

2. Determination of radioactivity of contaminated soil under the day surface;

3. Determination of the influence of uranium on the human body.

Research methods: collection and analysis of background data on the environmental status of wasps in the study area, determination of radioactivity of contaminated soil, the impact of uranium on the human body.

Objects of research: Production activity of objects of the Kharasan-2 mine; background data of the ecological state of the mine site, contaminated soil, the influence of uranium on the human body.

Main research ideas and conclusions:

1) Analysis of the collected background data showed that the company is missing the following data: on the background radiation in soil, water and surface layer of atmospheric air adjacent to the mine areas: wintering and summer, grazing of cattle along routes of transportation of wastes and finished products; data on pollution of soils; data on pollution and water chemistry in the wells located in the wintering grounds and the summer grazing of livestock, biodiversity monitoring data. The company needs to conduct research in terms of missing data, which will determine the sequence of liquidation measures, determine the order of their implementation and final results, since the purpose of the liquidation is to return the subsurface use object, as well as the affected subsurface territories to a state of self-sufficient ecosystem compatible with a favorable environment.

2) Laboratory analysis showed that contaminated soil taken to landfill can be classified as low-level radioactive waste, although its activity does not exceed the minimum significant specific activity. To solve the issues of recultivation and restoration of the natural background of radionuclide content

in the soil cover over large areas, it is necessary to develop new methods of recultivation using specially selected perennial plants that eventually neutralize sources of ionizing radiation to the natural background.

3) Studies using the proposed method showed the content of the value of the concentration of uranium in the bioassays within the range of no more than 4 micrograms/l of urine (urine samples from more than 40 different donors were used). The operational control and intervention procedures introduced using the described method determine increased attention and responsibility when fulfilling TB requirements by personnel and using PPE.

Scientific novelty of the research and practical significance:

1) the results of the analysis of background data collection are a preparatory stage for environmental and social research in 2021. the new data obtained will update the background characteristics of the state of the studied area, determine the risks of negative impact, and study the environmental and social conditions in the territories surrounding the field.

2) according to the requirements for the reclamation of waste areas is the removal and decontamination of soil containing harmful components and compounds, the elimination of residual acidity of underground waters of the productive horizon and reducing the content of uranium in solutions to minimum values. However, the unified requirements for reservoir water recovery and regulatory documents that strictly regulate the residual content of heavy metal salts in reservoir waters have not yet been adopted in view of the complexity of the issue that requires multilateral consideration and study;

3) Monitoring of the content of uranium in human urine of employees of uranium mining enterprises is an important component of the system of dosimetric control of professional internal exposure of personnel exposed to open radionuclide sources based on natural uranium. To determine the persons required to control the level of internal exposure, it is necessary to analyze how and to what extent the employee comes into contact with the products of uranium conversion at uranium mining enterprises.

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	12
1	Аналитический обзор	14
1.1	Радиация и радиоактивное загрязнение	14
1.2	Общая информация об уранодобывающем предприятии ТОО «Байкен-У»	18
1.3	Источники воздействия на окружающую среду на месторождении	21
3	Сбор и анализ имеющихся фоновых данных по состоянию окружающей среды в исследуемом районе	28
3.1	Сбор и анализ имеющихся фоновых данных	28
3.2.	Результаты анализа по сбору имеющихся фоновых данных по состоянию окружающей среды в исследуемом районе	42
3.3.	Выводы по сбору имеющихся фоновых данных	46
4.	Методика определения радиоактивности загрязненной почвы под дневной поверхностью	47
4.1	Результаты выводы и рекомендации по определению радиоактивности загрязненной почвы под дневной поверхностью	48
4.2	Методика исследование влияния урана на человеческий организм	50
4.3	Результаты и рекомендации по проведенному исследованию влияния урана на человеческий организм	52
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРЫ	59

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. На горнодобывающих и перерабатывающих урановых предприятиях при извлечении, транспортировке и переработке рудосодержащих растворов, а также при вспомогательных работах, происходит выделение и рассеивание радиоактивных и вредных химических веществ, представляющих опасность для персонала, населения и окружающей среды, в связи с этим необходимо определение последовательности мероприятий при планировании ликвидации месторождения, которое обеспечит возврат объекта недропользования, а также затронутых недропользователем территорий в состояние самодостаточной экосистемы, совместимой с благоприятной окружающей средой.

Цель работы. При планировании ликвидации горнодобывающего предприятия по производству урана необходимо определить иерархическую последовательность задач ликвидации, которая обеспечит возврат объекта недропользования, а также затронутых недропользователем территорий в состояние самодостаточной экосистем, совместимые с благоприятной окружающей средой

Задачи исследования:

1. Сбор и анализ имеющихся фоновых данных об экологическом состоянии ОС в исследуемом районе, определение отсутствующих данных с целью разработки и дальнейшего включения в иерархическую последовательность задач ликвидации до уровня отдельных мероприятий;

2. Определение радиоактивности загрязненной почвы под дневной поверхностью;

3. Определение влияния урана на человеческий организм.

Методы исследования: сбор и анализ фоновых данных об экологическом состоянии ОС в исследуемом районе, определение радиоактивности загрязненной почвы под дневной поверхностью, исследование влияние урана на человеческий организм.

Объекты исследования: Производственная деятельность объектов рудника Харасан-2; фоновые данные экологического состояния территории расположения рудника, загрязненная почва, исследование по влиянию урана на человеческий организм.

Предмет исследования: Фоновые данные об экологическом состоянии ОС в исследуемом районе, загрязненной почвы под дневной поверхностью, влияние урана на человеческий организм.

Новизна исследования:

1) По анализу объемов загрязненной почвы под дневной поверхностью. В процессе скважинной добычи урана происходит негативное воздействие не только на пластовые воды продуктивного горизонта, но и на поверхностный почвенный слой ионов тяжелых и

радиоактивных металлов, сульфата, кремния, алюминия и осаждённых компонентов вмещающих пород. Данные загрязнители пагубно влияют на здоровье людей, а также флору и фауну после завершения процессов добычи, делая непригодным к последующему использованию почвы. В настоящее время основными требованиями при проведении рекультивации отработанных участков является изъятие и дезактивация грунта, содержащего вредные компоненты и соединения, ликвидация остаточной кислотности подземных вод продуктивного горизонта и снижение содержания урана в растворах до минимальных показателей. Однако единые требования по восстановлению пластовых вод и нормативные документы, жестко регламентирующие остаточное содержание солей тяжелых металлов в пластовых водах еще не приняты в виду сложности вопроса, требующего многостороннего рассмотрения и изучения.

2) По исследованию влияния урана на человеческий организм. В Республике Казахстан существует правила и нормы радиационной безопасности, которых придерживаются все службы на производственных предприятиях. Как известно, природный уран состоит из трех изотопов урана ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U . При известных величинах активности каждого из изотопов урана, мало сведений о степени долгосрочного негативного влияния на человеческий организм (ткани, органы), также мало фактов, указывающих на появление той или иной болезни вследствие контакта с урановыми технологическими продуктами (технологические растворы, газы).

Теоретическая и практическая значимость работы: Теоретическая значимость собранных данных будут применяться для сравнительного анализа с новыми данными, полученными при экологических исследованиях, с помощью описанного метода оперативный контроль и процедуры оперативного вмешательства предопределяют повышенное внимание и ответственность при выполнении требований ТБ персоналом. Практическая значимость работы заключается в том, что данные позволят определить риски негативного воздействия на ОС, изучить экологические условия на окружающих месторождение территориях и принятие решений в рамках системы производственной дозиметрии.

1 Аналитический обзор

1.1 Радиация и радиоактивное загрязнение

В 1789 году был выделен элемент под названием уран, который был назван так в честь седьмой планеты солнечной системы. Данный элемент впервые был выделен немецким ученым М. Клапротом. И только спустя более ста лет, в 1896 году А. Беккерелем была обнаружена способность урана испускать невидимые лучи, которые в последствии стали использовать как огромные запасы энергии, которая наравне с пользой способна наносить огромный ущерб человечеству и окружающей среде в целом.

К сожалению, приходится констатировать, что научно-технический прогресс, который открыл человеку «новый мир» безграничных способностей и возможностей, стал причиной истощения природного богатства. За последние сто лет, человек вовлек в производство столько природных ресурсов, сколько не было вовлечено за всю историю человечества. Интенсивная эксплуатация природных ресурсов, техногенные катастрофы и аварии, негативное воздействие вирусов и бактерий, созданных в современных лабораториях, приобретают все более масштабный характер и становятся причиной деградации окружающей среды и снижения качества жизни населения планеты.

Радиоактивное загрязнение естественного земного происхождения состоит из альфа – частиц, бета – частиц и гамма – квантов. В современном мире известно около 1700 атомных нуклидов, лишь 270 из которых являются стабильными изотопами. Нестабильные изотопы, называемые радионуклидами, подвержены радиоактивному распаду. Атомное ядро обычно состоит из двух видов частиц – положительно заряженные протоны, а также нейтроны, которые не имеют заряда. Нестабильность изотопов обычно выражена избытком не имеющих заряда нейтронов. Альфа – частица испускается ядром при альфа распаде и содержит два положительно заряженных протона и два нейтрона. В результате теряются два элементарных заряда и образуется дочернее ядро имеющее номер на две единицы меньший чем у материнского ядра. При бета – распаде, дочернее ядро получает дополнительную единицу заряда за счет того, что один из нейтронов ядра превращается в протон. Соответственно дочернее ядро при бета – распаде имеет номер на единицу больше чем материнское ядро. При всех видах распада дочернее ядро может оставаться во взвешенном состоянии, испуская при этом высокоэнергичный гамма – квант, за счет чего соответственно повышается кинетическая энергия альфа - и бета – частиц. Скорость распада разных частиц может различаться и не зависеть от внешних факторов воздействия – температуры, давления, электромагнитных и гравитационных полей. Проникающая способность излучения существенно различается и зависит от типа ионизирующего

излучения. Наибольшую сложность при защите от излучения представляют гамма- излучения, проникающая способность которых наиболее высока. Они могут задерживаться только толстой бетонной или свинцовой стеной. Проникающая способность бета- излучений способна проникать внутрь организма не более чем на 1 – 2 см. Защититься от подобного типа излучения сравнительно легче, бета- частицы могут задерживаться плотной одеждой или неповрежденной кожей. Однако, стоит учесть, что при попадании бета- частиц внутрь организма при дыхании или с пищей и водой повреждение организма значительно превосходит, повреждений, осуществляемых гамма- излучением. Наибольшую опасность при попадании внутрь организма представляют альфа- частицы. Хотя они и способны задерживаться листом бумаги или слоем эпидермиса, его низкая проникающая способность оказывает наиболее сильное воздействие на облучаемые ткани.

Различные ткани организма имеют неодинаковую чувствительность к радиационному излучению. Установлено, что наиболее чувствительными являются хрусталик глаза, половые органы, легкие и молочные железы. Для того чтобы учесть различие чувствительности разных органов, рассчитывается эффективная эквивалентная доза, при вычислении которой используются различные коэффициенты для расчета дозы облучения органов и тканей, которые суммируются для определения эффективной эквивалентной дозы. Эффективная эквивалентная доза показывает эффект облучения организма в целом, однако характер поражения зависит не только от типа облучения, но и от изотопного состава. К примеру, мало чувствительная к внешнему облучению щитовидная железа, при внутреннем попадании изотопов радиоактивного йода имеет самые тяжелые последствия. Изотопы стронция и радия химически близкие к кальцию, в основном накапливаясь в костях влияют на костный мозг, который является основным органом кроветворения. В результате чего образуется злокачественная лейкемия или рак крови. Одним из основных механизмов воздействия излучения на ткани является влияние изотопов на структуру ДНК, генетический аппарат клетки, при которой образуются онкологические и наследственные заболевания потомства. Наиболее чувствительными к облучению являются эмбрионы и дети, по причине того, что клетки особо уязвимы в процессе деления.

Радиоактивные изотопы калия, рубидия, тория и урана, которые содержатся в горных породах Земли с самого ее образования, создают основной радиационный фон земного происхождения. В среднем доза, получаемая жителями Земли от радиационного фона земного происхождения, составляет примерно 1,7 мЗв/год (зиверт). Доза космического радиационного фона составляет в среднем 0,3 мЗв/год, а в высокогорных районах Земли, на высоте 2000 м над уровнем моря эта

цифра повышается до 1 мЗв/год. Экипаж и пассажиры авиалайнеров получают около 0,01 мЗв/час дозы от радиационного фона космического происхождения. Таким образом некоторые группы населения Земли получают дозу около 5 мЗв/год без вредных последствий. Предельно допустимое значение ежегодного профессионального облучения составляет 50 мЗв/год, с учетом что указанная годовая доза будет распределяться равномерно по времени.

Иммунная система живых организмов обладает уникальной способностью уничтожать поврежденные в результате радиационного облучения клетки. Организм способен справляться с воздействием радиационного облучения до тех пор, пока скорость возникновения повреждений ниже способности организма уничтожать поврежденные клетки. Из этого можно отметить что важна не столько доза, сколько ее мощность. Большую опасность представляет кратковременное облучение высокой мощности, а смертельной дозой считается в том случае, если организм млекопитающего погибает в течении 30 дней со времени получения дозы облучения. По данным некоторых исследований, человек является одним из наиболее чувствительных к радиационному облучению биологических видов. Принято считать, что абсолютно летальной дозой облучения для человека является $DL_{100}=7\text{Гр}$ (грей), а среднесмертельная доза составляет $DL_{50}=3,5\text{Гр}$. По данным исследований, при получении дозы облучения соответствующей дозе естественного природного фона, организм человека способен полностью восстанавливать поврежденные облучением ткани. Однако, по мере возрастания дозы облучения, организм человека теряет способность восстанавливаться, в результате образуются онкологические заболевания, которые могут проявиться лишь спустя много лет. Разовые дозы, превышающие 1Гр способны вызывать острую лучевую болезнь, в результате которой человек может погибнуть в течении 1-2 месяцев.

Основной вклад в фоновое радиационное загрязнение естественного происхождения производит радон, газ, примерно в 7,5 раза тяжелее воздуха. Радон имеет способность скапливаться в плохо проветриваемых низких помещениях. Сам по себе радон обычно не скапливается в легких, а внешнее альфа- облучение легко экранируется одеждой и верхним слоем неповрежденной кожи. Однако продукты распада радона, изотопы плутония и свинца способны оседать на поверхности аэрозолей, а вместе с ними попадают и оседают в легких. Строительные материалы, такие как цемент, гранит, бетон и глиноземы содержат в себе малые количества урана и продукты его распада, поэтому способны выделять в воздух радон. В плохо проветриваемых помещениях, концентрация радона в воздухе может в сотни раз превышать его концентрацию вне помещения. Помимо строительных материалов любые ископаемые ресурсы в малых дозах содержат в себе радионуклиды. Не является исключением и уголь, при сжигании

которого вместе с дымом происходит рассеяние долгоживущих радиоизотопов.

Атомные электростанции (АЭС), являются одним из источников выброса радиоактивного загрязнения, вокруг которых часто разгораются обсуждения общественности. Хотя стоит отметить что при качественном обслуживании, выбросы от них имеют несущественный характер. На сегодняшний день около 15 процентов получаемой электроэнергии мирового производства приходится на АЭС, количество которых достигает около 400 единиц. При отсутствии аварий, доля радиационного загрязнения, вносимая АЭС невелика, она прибавляет на сегодняшний день примерно 0,5 процентов к естественному природному фону земли, а в непосредственной близости к источнику происхождения доля вносимого загрязнения составляет около 1 – 3 процентов. Однако опасения общественности выдвинуты не без основания, так как аварии на АЭС являются серьезной проблемой ядерной энергетики. Значительные выбросы в окружающую среду происходят во время аварий на АЭС. За всю историю развития атомной энергетике, человечество претерпело: аварию реактора в Уиндскейле (Великобритания 1957 г.), взрывы емкостей для отходов на Южном Урале (1957 и 1967 гг.), авария на АЭС в США (1979 г.) и самая крупнейшая авария на Чернобыльской АЭС на Украине (1986 г.)

Сами АЭС, это только часть ядерного топливного производства, которое начинается с добычи урановой руды. Обоганительные фабрики и рудники образуют огромное количество отходов – «хвостов». На сегодняшний день в мире образовалось огромное количество радиоактивных «хвостов», которые останутся в активном состоянии еще очень много лет. К счастью данный вид отходов консервируется без особо крупных затрат и их удельная активность на единицу массы не велика. Последним и наиболее сложным циклом является переработка и захоронение радиоактивных отходов, образующихся на АЭС. Захоронение отходов представляет большую проблему по причине того, что газы, образующиеся при распаде нуклидов в отходах стремятся вырваться наружу.

Огромные запасы энергии, содержащиеся в урановых рудах, так же имеют место негативного воздействия на окружающую среду и жизнедеятельность человека. Существует четыре основных источников радиационного загрязнения при добыче и переработке урановых руд: вентиляционные каналы в процессе подземной добычи; подземные, шахтные воды, попадающие на земную поверхность; отвалы забалансовых руд; и хвостохранилища, образующиеся в процессе переработки руд на гидрометаллургических комбинатах. Во всех четырех источниках негативными факторами воздействия являются, радон и его продукты распада, альфа и гамма излучения. Остаточное содержание урана после его извлечения из руды составляет от 0,001 до

0,02 процентов, а содержание тория и радия составляет 80-95 процентов от их исходного содержания в рудах. [1]

1.2 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ТОО «БАЙКЕН – U»

Предприятие находится в Жанакорганском районе Кызылординской области Республики Казахстан и является крупнейшим урановорудным объектом Сырдарьинской провинции. Месторождение разделено на два участка Хорасан-1 и Харасан-2 [2].

В радиусе до 10 км от предприятия расположены: в 4,3–10,5 км к западу от предприятия земли лесного фонда (Шиелийский район), на севере территория сельскохозяйственных угодья, удаленные от предприятия на 5–7 км на севере и на 3,4–7 км на востоке, населенный пункт – село Байкенже в 5,3 км к северо-востоку (рисунок 1).

Прилегающая территория (до 10 км от границ предприятия) расположена на территории Жанакорганского и Шиелийского районов. Территория малообжита, в 6 и 10,5 км к северо-востоку находятся села Байкенже и Билибай (общая численность населения 1500 чел.), в 30 км к востоку – с. Жанакорган (численность населения 27 564 чел. (2019 г.)).

Предприятие находится в пустынной зоне, на непродуктивных для растениеводства землях. Население преимущественно занято скотоводством. Только на востоке развито земледелие, получающее воду для полива из сети поливных каналов, питающихся из р. Сырдарья. В районе имеются большие запасы строительных материалов (гравий, щебень, бутовый камень), полиметаллические руды и непромышленные проявления золота, расположенные в горной и предгорной частях хребта Каратау.

В 12-13 км к северу протекает р. Сырдарья. На западе распространены пески Кызылкум и Шиелийское лесничество, расположенное в Шиелийском районе и относящееся к Северо-Кызылкумскому лесосеменному району. Основной лесобразующей породой является черный саксаул (*Haloxylon aphyllum*). [3].

В Жанакорганском районе с запада, юга и востока предприятие окружено лесным хозяйством. Непосредственно у восточной границы горного отвода расположена могила предков Хорасан и мечеть [4].

Добыча урана ведется способом подземного скважинного выщелачивания на больших глубинах, порядка 650-750 м.

Выщелачивающие растворы (ВР) на основе серной кислоты через систему закачных скважин подаются в рудные горизонты, где происходит извлечение урана из руды. Содержащие уран продуктивные (ПР) через систему откачных скважин поступают на переработку и получение конечного продукта – химического концентрата природного урана. Для исключения попадания растворов в ОС закачные и откачные скважины сооружаются из кислотостойких материалов. Все

технологические растворы находятся в замкнутой оборотной системе, сбросы в ОС отсутствуют. В Казахстане этот способ получил признание не только как экономически эффективный, но и достаточно экологичный, так как не образует отвалов пустой породы, а вероятность попадания загрязняющих веществ в водоносные горизонты достаточно низкая.

Согласно п. 1, ст. 40 Экологического кодекса РК деятельность предприятия по оценке воздействия на ОС относится к первой категории [5]. В соответствии с классификацией радиационных объектов по потенциальной опасности, промплощадка относится к III категории, то есть объект, радиационное воздействие которого при аварии ограничивается территорией объекта [6].

Все технологические процессы ведутся в строгом соответствии со всеми экологическими нормами и требованиями казахстанского законодательства. На предприятии применяются самые экологически безопасные и передовые технологии, исключаящие загрязнение окружающей среды.

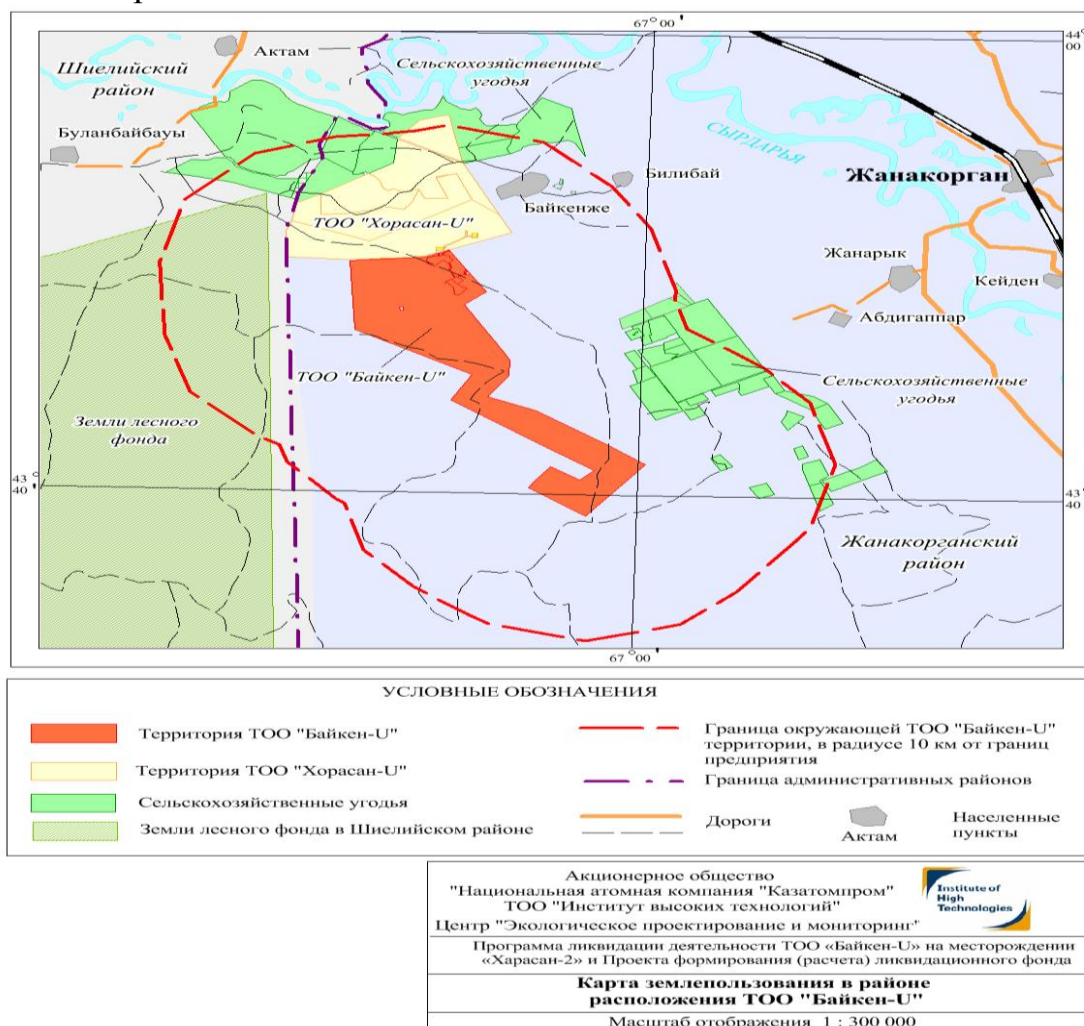


Рисунок 1. Карта землепользования в районе расположения ТОО «Байкен-У»

Предприятие включает в себя следующие объекты добычного и перерабатывающего комплексов [7]:

- ГТП, состоящий из системы закачных и откачных скважин, а также технологических трубопроводов для перекачки растворов, кислотопроводов, ТУЗ, УПРР, ССК, отстойников ПР и ВР, шламонакопителей бурового шлама;

- Перерабатывающий комплекс, включающий в себя ЦППР, цех аффинажа с прокалкой и получением готовой продукции – закиси-оксида урана, трубопроводы для транспортирования растворов, отстойники ПР и ВР, шламоотстойники с узлом фильтрации для очистки растворов от механических взвесей и других примесей, склада аммиачной селитры, склада пероксида водорода, склада аммиачной воды, котельной с компрессорной станцией, склада ГСМ, автогаража с механической мастерской, ФХЛ.

- Административно-бытовой корпус с рабочей столовой, душевыми и специализированными прачечными, фельдшерский пункт; распределительные и трансформаторные подстанции; водозабор хозяйственно-питьевой воды - скважины с погружными насосом и резервуарами; противопожарная насосная с пожарными резервуарами; площадка временного хранения твердых слабоактивных отходов; площадка временного хранения твердых бытовых отходов (ТБО); площадка хранения производственных отходов.

В северо-восточном направлении в 800 м от участка промышленной площадки располагается вахтовый посёлок для проживания персонала рудника. На производственном участке месторождения вахтовым методом работает персонал в количестве 450 человек.

Водоснабжение рудника поступает от двух артезианских скважин (рабочая и резервная), расположенных за пределами промплощадки. Сети водопровода и канализации по площадке расположены подземным способом. Хозяйственно-бытовое водоснабжение осуществляется от четырёх подземных железобетонных резервуаров объемом по 100 м³ каждый. Для питья и приготовления пищи используется бутилированная вода.

Водопотребление для технических и противопожарных нужд предусмотрено из двух стальных, утепленных резервуаров, емкостью 400 м³ каждый [8].

Хозяйственно-бытовые сточные воды через канализационную сеть направляются в септик, далее на поля фильтрации. Технологические стоки с перерабатывающего комплекса (пункта дезактивации, спецпрачечной, спецдушевой, уборки корпусов) поступают в

производственный цикл для приготовления выщелачивающих растворов.

Воздействие на ОС происходит:

– *при основном производстве* (хранение серной кислоты, приготовление аммиачного раствора, переработка продуктивных растворов). Возможны кратковременные аварийные проливы, как технологических продуктивных растворов, так и серной кислоты.

– *при вспомогательном производстве* (строительно-монтажные и ремонтно-восстановительные работы, обслуживание персонала). Работающие двигатели передвижных электростанций, землеройно-транспортных машин, автотранспорта выбрасывают в атмосферу отработанные газы, участок газо-электросварочных работ – сварочную аэрозоль, участок покрасочных работ – аэрозоль и летучие органические соединения. Все движущие механизмы при своем перемещении, погрузке и разгрузке грунта образуют пыль. Котельные выбрасывают в атмосферу окислы азота, углерод, диоксид серы.

– *при обращении с отходами* – образование отходов, сбор, обезвреживание, хранение, транспортировка и захоронение.

1.3 ИСТОЧНИКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В ИССЛЕДУЕМОМ РАЙОНЕ

Радиационной и токсической опасностью для окружающей среды на месторождении являются выщелачивающие, продуктивные и технологические растворы, используемые в производственном процессе, а также готовый продукт (закись - окись урана), содержащие в избыточном количестве радий и торий, аэрозоли серной кислоты, пыль с повышенными содержаниями радионуклидов от поверхности земли поступающие в организм при вдыхании воздуха и загрязнении кожных покровов.

Вредные химические вещества, выделяющиеся при работе технологического и вспомогательного оборудования рудника на месторождении представлены:

- диоксидами азота, оксидами азота, оксидами углерода, оксидами серы и сажей, образующимися в процессе работы котельных;
- аэрозолями серной кислоты и радионуклидов от технологического оборудования переработки продуктивного раствора;
- аэрозолями серной кислоты от расходного склада серной кислоты;
- аэрозолями радионуклидов и серной кислоты на складе готовой продукции;

- выхлопными газами, включающими соединения свинца, оксид углерода, диоксида азота, диоксид серы и бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на С) при работе бензиновых двигателей автотранспорта;
- аэрозолями серной кислоты и радионуклидов из карт технологических растворов.

В пределах горного отвода естественные выходы подземных вод на поверхность отсутствуют. Грунтовые воды залегают на глубине 3,4-5,8 м от поверхности. Нижележащие водоносные горизонты с верхним водоносным горизонтом связи не имеют.

Воздействие на подземные воды зависит от объемов водопотребления, сброса сточных вод и случайных проливов технологических растворов.

Производственные сточные воды возвращаются в производственный цикл для подготовки выщелачивающих растворов. С целью очистки хозяйственно-бытовых сточных вод имеются поля фильтрации. Сброса сточных вод в окружающую среду нет [9].

В процессе бурения скважин, передвижении специализированной техники проведения строительно-монтажных и рекультивационных работ, происходит разрушение плодородного (гумусового) горизонта. Присутствие постоянных ветров и отсутствие растительного покрова образуют ветровую эрозию за счет выноса мельчайших почвенных частиц. Также при проведении мероприятий по добычи на полигонах отрицательно на качество почв влияет пролив техногенных растворов, приводящий к засолению почвы.

На предприятии в процессе деятельности образуются опасные отходы производства и потребления (огарки сварочных электродов, старые пневматические шины, металлолом, полиэтиленовые трубы, твердо-бытовые отходы и др.) (таблица 1) [5]. Перед удалением и складированием все производственные отходы подвергаются дозиметрическому контролю на альфа-, бета-загрязнение, гамма-излучение. Утилизация всех отходов производства проводится по схеме, действующей в настоящее время предприятия, где в целях охраны окружающей среды организована система сбора, накопления, хранения и вывоза отходов, что практически исключает отрицательное воздействие этих отходов на ОС.

Все отходы, за исключением буровых шламов, подлежат временному хранению в специально отведенных местах с последующим вывозом по договору со специализированными организациями на переработку или утилизацию.

Буровой шлам первоначально собирается на территории буровой (в зумпфах), затем после удаления водной составляющей (инфильтрация, испарение) и проверки на радиоактивное загрязнение

отправляется в шламонакопители. Буровой шлам с низкорadioактивным загрязнением временно складировается на площадке НРО в контейнерах ТУК-118, затем вывозится на захоронение в пункт захоронения низкорadioактивных отходов (ПЗНРО).

На территории предприятия для складирования буровых шламов предусмотрены: 15 типовых хранилищ объемом 1000 м³ (1800 т), каждое, и три шламонакопителя общим объемом 89200 м³ (160560 т).

Таблица 1. Перечень опасных отходов [10- 11]

№ п/п	Наименование отходов	Источник образования	Состав	Уровень опасности
1	Жидкие теплоносители, промасляная ветошь	Образуется из чистой ветоши, после использования ее в качестве обтирочного материала при ремонте автотранспорта и компрессорных установок. Складировается в металлических контейнерах объемом 80 л в специально отведенном месте и вывозятся по мере накопления 1 раз в 3 месяца	Ткань, текстиль – 81 %, масло минеральное нефтяное (веретенное, машинное и цилиндрическое) и нефтемасла – 4 %, вода – 15%	янтарный
2	Изгарь и остатки, содержащие металлы или металлические соединения	Образуются при сварочных работах (электросварочные электроды, шлак). Огарки электродов собираются на сварочном участке в металлический ящик объемом 0,5 м ³ , и по мере заполнения вывозятся 1 раз в 3 месяца	Железо металлическое, оксид – 96 %	янтарный
3	Изгарь и остатки ртути – флуоресцентные и другие ртутьсодержащие отходы	Замена перегоревших ртутьсодержащих ламп, установленных в производственных помещениях для освещения. Количество зависит от времени работы ламп в сутки и от нормативного срока службы ламп. Хранятся в специально оборудованном помещении в специальном контейнере, закрываемом стальной крышкой с маркировкой класса опасности, вывозятся по мере накопления 1 раз в 3 месяца	Стекло – 96,1 %, ртуть – 0,03 %, алюминий, медь, никель, диоксид железа, гетинакс, мастику У9М, люминофоры (ЭЛС-580В, ЭЛС-510В, ЭЛС-4555В) – 0,3 %	янтарный
4	Батареи аккумуляторные,	Образуются в процессе эксплуатации автотранспорта и компрессорных установок. Временно хранятся в	Свинец – 60,2 %, сурьма (пыль сурьмы)	янтарный

	целые или разломанные	контейнере, в специально отведенном месте, вывозятся 1 раз в 3 месяца	металлической) – 1 %, сера – 2 %, полимерные материалы – 7 %, кислота серная – 20 %, вода – 9,8 %	
5	Полимеры этилена	Образуются в процессе эксплуатации и ремонта трубопроводов и оборудования в виде остатков полиэтиленовых труб, кусков и бракованных частей. Временно хранятся на бетонированной площадке, вывозятся 1 раз в 3 месяца	Полиэтилен – 100 %	янтарный
6	Отработанные масла, не пригодные для использования по назначению	Образуются в процессе замены масла при эксплуатации автотранспорта и компрессорных установок. Собираются на месте образования в герметичную тару и удаляются с места сбора в специально отведенное место, имеющее бетонное основание, где временно хранятся в металлических бочках (16 бочек по 200 литров каждая)	Масло минеральное нефтяное (веретенное, машинное и цилиндрическое) и нефтемасла – 94,2 %, взвешенные вещества – 1,8 %, вода – 4 %	янтарный
7	Жидкие теплоносители (загрязненные поглощающие и фильтрующие материалы)	Образуются в процессе замены фильтров автотранспорта и компрессорных установок. Отработанные фильтры хранятся в специальных контейнерах, вывозятся 1 раз в 3 месяца	Ткань – 81 %, масло минеральное нефтяное (веретенное, машинное и цилиндрическое) и нефтемасла – 4 %, вода – 15 %	янтарный
8	Другие отходы и лом черных металлов – опилки и частицы черных металлов	Образуются в процессе ремонта автотранспорта и оборудования. Металлолом временно хранится на специальных бетонированных площадках, вывоз осуществляется 1 раз в 3 месяца	Железо металлическое – 95 %, оксид, диоксид Железо триоксид – 2 %, сажа (черный углерод) – 3 %	зеленый
9	Старые пневматические шины	Образуются в процессе эксплуатации колесной автотехники, временно хранятся на специальной площадке, вывозятся 1 раз в 3 месяца	Синтетический каучук – 96 %, сталь углеродистая – 4 %	зеленый
1	Полимеры	Образуется при хранении химических	Полипропилен	Зеленый

0	и сополимер ы полипропи лена	реагентов Складируются в специальных контейнерах, вывозятся по мере накопления 1 раз в 3 месяца	н – 100 %	
1 1	Твердо бытовые отходы	Образуется в результате жизнедеятельности – бумага, тара, обтирочный материал, упаковочные материалы, пищевые отходы, мусор, смет с участка	Целлюлоза, древесина, известняк, ткань, текстиль, стекло, керамика, железо металлическо е оксид, полиэтилен, резина, пищевые отходы	зеленый

Радиоактивные отходы.

На предприятии образуются следующие виды низкорadioактивных отходов (НРАО): ил и песок, осажденный из технологических растворов; осадки, полученные на различных стадиях обработки; фильтры-полотна; средства индивидуальной защиты; разрушенный сорбент; загрязненный проливами грунт; загрязненный металлолом; соли, образованные в результате кальматации.

Сбор НРАО производится в местах их образования с учетом категории отходов, агрегатного состояния и свойств. Жидкие радиоактивные отходы возвращаются в технологический цикл. Твердые отходы (детали оборудования и элементы конструкций), передаваемые для дальнейшего использования на предприятии, тщательно очищаются от остатков технологических растворов, пульпы, смол и реагентов и подвергаются дезактивации.

Все радиоактивные отходы, не подлежащие дезактивации, в соответствии инструкцией по радиационной безопасности собираются, сортируются, упаковываются и транспортируются на захоронение в ПЗНРО по договору с ТОО «РУ -6». Собственного полигона для захоронения низкорadioактивных отходов предприятие не имеет.

Для хранения и транспортирования НРАО используется специальная тара, исключаящая радиоактивное загрязнение транспортных средств и окружающей среды. Транспортирование отходов на ПЗНРО осуществляется после дезактивации и радиационного контроля. Мощность дозы излучения на расстоянии 1 м от контейнера не должна превышать 40 мкЗв/час. Ответственный за сбор, хранение и передачу отходов на захоронение ведет журнал учета отходов [12].

Итак, анализ образования отходов производства потребления показал, что на предприятии в результате производственной деятельности образуются отходы характерные для обычного производственного предприятия, эксплуатирующего автотранспорт, системы энергоснабжения и жизнеобеспечения обслуживающего персонала, и специфические отходы, характерные для уранодобывающей отрасли. Большая часть отходов передается на переработку или утилизацию специализированным организациям, часть повторно используется.

Касательно безопасности транспортировки отходов необходимо отметить, что ПЗНРО обслуживающей компании расположено на 82-м километре автодороги Шиели-Тайконыр и, учитывая, что от ТОО «Байкен-У» до с. Шиели порядка 30 км, то в сумме до ПЗНРО это составит более 100 км. Вдоль дороги на ПЗНРО много объектов инфраструктуры, населенные пункты: с. Нартай, с. Енбекши, с. Коксуенки. Дорога также проходит через перевал в горах Каратау. Вдоль дороги, справа и слева, весной пастухи перегоняют крупный рогатый скот, овец, лошадей и верблюдов в предгорья Каратау на летние пастбища. Осенью скот тем же маршрутом возвращается обратно. Вдоль дороги в предгорьях встречаются летовки с загонами для овец, полевые станы для содержания верблюдов. В теплое время года на перевале часто можно встретить местных жителей, выезжающих на отдых. Поэтому, к соблюдению правил транспортировки радиоактивных отходов на ПЗНРО следует подходить очень ответственно.

Для оценки обращения с отходами производства и потребления на предприятии необходим анализ результатов производственного экологического контроля.

При транспортировке радиоактивных материалов, в том числе готовой продукции урана, предприятие придерживается правил МАГАТЭ и руководствуется Правилами транспортировки радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, утвержденных приказом Министра энергетики РК от 22.02.2016 г. № 75 [13].

В основе правил МАГАТЭ лежит принцип, что перевозимые радиоактивные материалы должны быть надлежащим способом упакованы, чтобы обеспечить безопасность во всех условиях транспортирования, включая возможные аварии. Правила разработаны с целью защиты населения, транспортных рабочих, имущества и окружающей среды от прямых и косвенных воздействий радиации во время транспортировки радиоактивных материалов.

Полученная закись окись урана (ЗОУ) со склада в специальных транспортно-упаковочных контейнерах (ТУК-44/8) на специализированном автотранспорте под обязательным сопровождением перевозится на перевалочную базу, расположенную южнее с. Жанакорган, недалеко от с. Кейден. На перевалочной базе

ТУКи перемещаются в специальные железнодорожные контейнеры и по железнодорожной ветке перегоняются на железнодорожную станцию, где формируются товарные составы. Такой подход полностью исключает попадание радиоактивных веществ на железнодорожный вокзал, где осуществляют посадку пассажирские поезда.

Протяженность маршрута около 45 км. Вдоль маршрута объекты инфраструктуры практически отсутствуют, за исключением линий электропередач. Маршрут несколько раз пересекают каналы и водотоки р. Сырдарьи. Вдоль дороги встречаются крестьянские хозяйства, зимовки или летовки.

3. СБОР ИМЕЮЩИХСЯ ФОНОВЫХ ДАННЫХ ПО СОСТОЯНИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ИССЛЕДУЕМОМ РАЙОНЕ

3.1 СБОР ИМЕЮЩИХСЯ ФОНОВЫХ ДАННЫХ

В идеале фоновыми данными по отношению к уранодобывающей деятельности являются все исследования экологического состояния компонентов окружающей среды, проводимые до начала горных работ. Такие данные должны использоваться для оценки качества рекультивационных работ при ликвидации уранодобывающего предприятия.

Атмосферный воздух.

В ближайших к предприятию населенных пунктах отсутствуют промышленные предприятия, имеющие существенные выбросы в атмосферный воздух и стационарные посты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха. Ежегодно в с. Жанакорган мониторинг загрязнения атмосферного воздуха осуществляется РГП «Казгидромет» с помощью передвижных лабораторий. В таблице 2.1 представлены максимально-разовые концентрации основных загрязнителей атмосферного воздуха в селе Жанакорган по данным экспедиционных исследований в 2015-2018 гг. Среднее значение концентраций следующие: по взвешенным веществам – 0,058 мг/м³, диоксиду серы – 0,088 мг/м³, диоксиду азота – 0,067 мг/м³, оксиду углерода – 0,95 мг/м³. В 2019 году в Жанакорганском районе максимально-разовые концентрации составили: по взвешенным веществам – 0,03 мг/м³, диоксиду серы – 0,035 мг/м³, диоксиду азота – 0,04 мг/м³, оксиду углерода – 0,9 мг/м³ [14 - 17].

Таблица 2. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в с. Жанакорган по данным измерений РГП «Казгидромет» (2015-2018 гг.)

№ п/п	Вещество	Год исследования	Максимально-разовые концентрации, мг/м ³		
			с. Жанакорган (центр района ул. Корасан Ата)	с. Жанакорган Рынок (ул. Манап Кокенов)	с. Жанакорган Ж/д вокзал (ул. Амангельды)
1	Взвешенные вещества	2015	0,0	0,09	0,09
2		2016	0,09	0,07	0,07
3		2017	0,05	0,04	0,04
4		2018	0,06	0,05	0,05
6	Диоксид серы (SO ₂)	2015	0,131	0,124	0,123
7		2016	0,12	0,103	0,128
8		2017	0,063	0,049	0,061
9		2018	0,057	0,047	0,055

11	Диоксид азота (NO ₂)	2015	0,08	0,07	0,08
12		2016	0,1	0,09	0,09
13		2017	0,05	0,04	0,04
14		2018	0,04	0,06	0,06
16	Оксид углерода (CO)	2015	1,0	2,0	1,0
17		2016	1,4	1,1	1,1
18		2017	0,4	0,4	0,5
19		2018	0,8	0,9	0,8

Примечание: Предельно-допустимые концентрации для диоксида серы - 0,5 мг/м³; для диоксида азота 0,2 мг/м³, для оксида углерода 5,0 мг/м³, для взвешенных веществ 0,5 мг/м³.

К неорганизованным источникам относятся сварочные посты, токарные, сверлильные станки, электросварочные аппараты, пункт дезактивации, отстойники, шламонакопитель (таблица 3).

Таблица 3. Перечень источников выбросов в атмосферу

№ п/п	Номер источника	Наименование источника	Перечень веществ, загрязняющих атмосферный воздух
Организованные источники			
1	0001	Промплощадка № 1, котельная, водогрейный котел ККС КВА – 1600 л/ж, источник – дымовая труба (высота – 12,0 м, диаметр – 0,6 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид
2	0002		
3	0003		
4	0004		
5	0005	Промплощадка № 1, котельная, емкость для дизтоплива V=50 м ³ , источник – дыхательный клапан (высота – 2,5 м, диаметр – 0,05 м)	Сероводород, алканы C ₁₂₋₁₉
6	0006	Промплощадка № 1, ЦППР, технологический участок, источник – вентиляционная труба (высота – 17,0 м, диаметр – 0,4 м)	Серная кислота
7	0007	Промплощадка № 1, аффинажный цех, отделение прокалки, источник – вентиляционная труба (высота – 23,6 м, диаметр – 0,5 м)	Взвешенные частицы
8	0008	Промплощадка № 1, аффинажный цех, отделение осаждения, источник – вентиляционная труба (высота – 23,6 м, диаметр – 0,355 м)	Взвешенные частицы
9	0010	Промплощадка № 1, аффинажный цех, ДЭС 360 кВт, источник – выхлопная труба (высота – 5 м, диаметр – 0,5 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид, проп-2-ен-1-аль, формальдегид, алканы C ₁₂₋₁₉
10	0020	Промплощадка № 1, вспомогательное производство, емкости для аммиачной воды V=50 м ³ , источник – дыхательный клапан (высота – 9 м, диаметр – 0,05 м)	Аммиак
11	0021		

12	0025	Промплощадка № 1, склад серной кислоты, емкости для серной кислоты $V=600 \text{ м}^3$, источник – дыхательный клапан (высота – 12 м, диаметр – 0,108 м)	Серная кислота
13	0026		
14	0027	Промплощадка № 1, склад ГСМ, емкости для хранения бензина $V=25 \text{ м}^3$, источник – дыхательный клапан (высота – 4 м, диаметр – 0,05 м)	Смесь углеводородов предельных C_{12-19} , смесь углеводородов предельных C_{6-10} , пентелены, бензол, диметилбензол, метилбензол, этилбензол
15	0028		
16	0029	Промплощадка № 1, склад ГСМ, топливно-раздаточная колонка для бензина, источник – горловина бака автотранспорта (высота – 1,5 м, диаметр – 0,05 м)	Смесь углеводородов предельных C_{12-19} , смесь углеводородов предельных C_{6-10} , пентелены, бензол, диметилбензол, метилбензол, этилбензол
17	0030	Промплощадка № 1, склад ГСМ, емкости для дизтоплива $V=50 \text{ м}^3$, источник – дыхательный клапан (высота – 4 м, диаметр – 0,05 м)	Сероводород, алканы C_{12-19}
18	0031		
19	0032	Промплощадка № 1, склад ГСМ, топливно-раздаточная колонка для дизтоплива, источник – горловина бака автотранспорта (высота – 1,5 м, диаметр – 0,05 м)	Сероводород, алканы C_{12-19}
20	0033	Промплощадка № 1, ДЭС 650 кВт (резервный), источник – выхлопная труба (высота – 5 м, диаметр – 0,5 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид, проп-2-ен-1-аль, формальдегид, алканы C_{12-19}
21	0037	Вахтовый поселок, ДЭС 650 кВт (резервный), источник – выхлопная труба (высота – 5 м, диаметр – 0,5 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид, проп-2-ен-1-аль, формальдегид, алканы C_{12-19}
22	0038	ГТП, склад серной кислоты, емкости для серной кислоты $V=300 \text{ м}^3$, источник – дыхательный клапан (высота – 6,5 м, диаметр – 0,108 м)	Серная кислота
23	0039		
24	0045	ГТП, ДГУ 315 кВт (резервный), источник – выхлопная труба (высота – 2,5 м, диаметр – 0,05 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид, проп-2-ен-1-аль, формальдегид, алканы C_{12-19}
25	0046	ГТП, ДЭС 18 кВт (резервный), источник – выхлопная труба (высота – 5 м, диаметр – 0,5 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид, проп-2-ен-1-аль, формальдегид, алканы C_{12-19}
26	0047	ГТП, бензогенератор (резервный), источник – выхлопная труба (высота – 1,5 м, диаметр – 0,05 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, сера диоксид, углерод

			оксид, бензин
27	0050	Промплощадка PBP, XRVS-336 cd, источник – выхлопная труба (высота – 3 м, диаметр – 0,05 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид, проп-2-ен-1-аль, формальдегид, алканы C ₁₂₋₁₉
28	0051		
29	0052		
30	0053		
31	0054		
32	0055		
33	0056		
34	0057		
35	0058	Промплощадка PBP, ELGI DT 900-350, источник – выхлопная труба (высота – 3 м, диаметр – 0,05 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид
36	0059		
37	0060	Промплощадка PBP, УРБ 3АЗ, источник – выхлопная труба (высота – 3 м, диаметр – 0,05 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид, формальдегид
38	0061	Промплощадка PBP, сварочный автономный генератор, источник – выхлопная труба (высота – 3 м, диаметр – 0,02 м)	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид, проп-2-ен-1-аль, формальдегид, алканы C ₁₂₋₁₉
Неорганизованные источники			
39	6011	Промплощадка № 1, гараж, источник – фрезерный станок	Взвешенные частицы, пыль абразивная
40	6012	Промплощадка № 1, гараж, источник – токарный станок	Взвешенные частицы
41	6013	Промплощадка № 1, гараж, источник – сверлильный станок	Взвешенные частицы
42	6014	Промплощадка № 1, гараж, источник – заточный станок	Взвешенные частицы, пыль абразивная
43	6015	Промплощадка № 1, гараж, источник – станция технического обслуживания	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид, бензин, керосин
44	6016	Промплощадка № 1, гараж, источник – автостоянка	Азот (IV) диоксид, азот (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерод оксид, бензин, керосин
45	6018	Промплощадка № 1, гараж, источник – сварочный пост	Железо (II, III) оксиды, марганец и его соединения, никель оксид
46	6019	Промплощадка № 1, гараж, источник – аппарат для сварки полиэтиленовых труб	Углерод оксид, хлорэтилен
47	6044	Источник – Аппарат для сварки полиэтиленовых труб	Углерод оксид, хлорэтилен
48	6063		
49	6023	Промплощадка № 1, вспомогательное производство, источник – узел фильтрации	Серная кислота
50	6024	Промплощадка № 1, вспомогательное производство, источник – склад аммиачной селитры	Аммоний нитрат
51	6034	Промплощадка № 1, ГТП, источники – отстойники ПР и ВР	Серная кислота
52	6035		
53	6048		
54	6049		
55	6036	Промплощадка № 1, источник – шламонакопитель	Серная кислота

56	6040	ГТП, механическая мастерская, источник – сверлильный станок	Взвешенные частицы, пыль абразивная
57	6041	ГТП, механическая мастерская, источник – заточный станок	Взвешенные частицы, пыль абразивная
58	6042	ГТП, сварочный, источник – электросварочный аппарат	Железо (II, III) оксиды, марганец и его соединения, хром, фтористые газообразные соединения
59	6064		
60	6062		

Как показали результаты анализа источников загрязнения атмосферного воздуха, на предприятии есть как источники организованные (вентиляционные трубы ЦППР и аффинажного цеха, дымовые трубы котельных, дыхательные клапана резервуаров для хранения серной кислоты и дизельного топлива), так и неорганизованные источники (выбросы при ремонтных и сварочных работах, запыление во время СМР).

Хорошие условия для рассеивания загрязняющих веществ и очищения воздуха создают метеорологические условия местности – наличие постоянных ветров со среднегодовой скоростью 5,0 м/с и температурной стратификации атмосферы. Но бывают периоды слабых ветров (скорость ветра 0-1 м/с) приводящие к застою воздуха и накоплению вредных веществ. В летнее время малое количество осадков способствуют увеличению запыленности воздуха и как следствие накопления вредных веществ в воздухе.

Часть источников располагается на большой высоте – вентиляционные трубы цехов до 23,6 м, дымовые трубы котельных до 17 м, это также способствует рассеиванию загрязняющих веществ в атмосфере.

Территория расположения рудника находится на значительном расстоянии от крупных промышленных центров. Источники, расположенные за пределами рудника, какого-либо влияния не оказывают.

Почва.

В районе расположения рудника распространены:

Серо-бурые пустынные нормальные суглинистые почвы (рисунок 3) встречаются в комбинации с серо-бурыми солонцеватыми почвами и солонцами пустынными, реже с такыровидными почвами. *Серо-бурые пустынные нормальные супесчаные и песчаные почвы* (рисунок 4) формируются на песчаных породах, профиль имеет однотонную окраску, корка имеет слабую прочность. *Серо-бурые пустынные солонцеватые почвы* (рисунок 5) образуют комплексы с солонцами пустынными, на более тяжелых по механическому составу породах. В профиле четко выделяются генетические горизонты, имеющие темную

окраску, плотное сложение, глыбистую структуру, иллювиальный солонцовый горизонт. Часто в солонцеватых почвах на глубине около полуметра и ниже можно обнаружить видимые формы водорастворимых солей.

Солонцы пустынные (рисунок 6) распространены повсеместно, в микропонижиях, на засоленных суглинках и глинах. Почвы имеют щелочную реакцию, большую растворимость органического вещества, высокую дисперсность минеральных коллоидов. Во влажном состоянии происходит набухание почв, сильное уплотнение и очень низкую водопроницаемость.

Пески на данной территории преимущественно барханные, встречаются также бугристо-грядовые. Бугристо-грядовые пески представляют чередование бугров и гряд, ориентированных по направлению господствующих ветров с котловинами и выровненными пространствами. Они довольно хорошо закреплены растительностью, что формирует слабо выраженный гумусовый горизонт. Засоление в профиле отсутствует (рисунок 7).

Такыры сформированы по выровненным плоским участкам на отложениях тяжелого механического состава, имеют большое содержание водорастворимых солей, которые встречаются по всему профилю. Поверхность слабо трещиноватая (рисунок 8).



3) серо-бурые пустынные нормальные суглинистые почвы



4) серо-бурые пустынные супесчаные и песчаные почвы



5) серо-бурые пустынные
солонцеватые почвы



6) солонцы пустынные



7) пески



8) такыры

Рисунки 3,4,5,6,7,8 – Почвы

В 2014 и 2015 годах Национальным исследовательским Томским политехническим университетом проведены геоэкологические исследования на территории месторождения «Харасан», детальный анализ всех аспектов воздействия хозяйственной деятельности на месторождении «Харасан» на окружающую среду. В ходе исследований авторами было установлено [18]:

- территория была подвержена не значительным нарушениям и площадь деградированных земель не превысила 5,2 % от общей площади геологического отвода;
- радиационный фон естественной гамма-активности не превышает фоновых значений для данного региона и составляет в среднем 0,12 мЗв/ч;
- почвенно-растительный слой подвергся нарушениям в виде дорожной депрессии (рисунок 9) и связанными с производственной

деятельностью открытыми горными выработками (зумпфы, шурфы, канавы), которые также большого распространения не получили. Техногенная деградация почв в основном связана с поисково-разведочными работами, которые проводились в 1984-1990-х и 1991-1996-х годах, и с началом работ по детальной разведке с 2006 г. по настоящее время;

- сельскохозяйственная деградация происходит в результате выпаса скота. Этот тип деградации не получил широкого распространения на исследуемой территории и проявляется локально, преимущественно вблизи зимовок, летников, водопоев и т. п., небольшими по площади участками;

- плотность почв, содержание солей, содержание обменного натрия и др. под влиянием антропогенного воздействия не изменились;

- содержание мышьяка в почвах по всей территории изменяется в широких пределах от менее 10 мкг/кг до 39 мкг/кг почвы при ПДК – 2 мг/кг. Это обусловлено геохимическими особенностями территории, чем выше щелочная среда почв ($pH > 6,5$), тем выше содержания мышьяка, а также с его повышенным содержанием в подстилающих породах;

- по всей обследованной территории содержание свинца в пределах 9-21 мг/кг, не превышает ПДК – 32 мг/кг.

- экологическая оценка состояния почв – относительно удовлетворительная.

Значения альфа активности почв, плотного остатка и водородного показателя, водной вытяжки почв, содержания природных радионуклидов, значений мощности экспозиционной дозы (МЭД) представлены в таблице 4 [18].



9) дорожная дегрессия

Таблица 4. Фоновые показатели

Год	Альфа активнос ть почв, Бк/кг	Плотный остаток водной вытяжки почв, %	U-238, мг/кг	Th-232, мг/кг	pH водной вытяжки	МЭД, мкЗв/час	МЭД по пескам, мкЗв/час	МЭД по супесям, мкЗв/час
Интервал значений/количество проб								
2014	220- 590/29	0,066-3,27/29	<10-<10/29	<10- 13/29	8,45-9,7/29	0,07- 0,18/234	0,07- 0,14/18	0,10- 0,15/11
2015	140- 650/35	0,042-1,686/35	3,1-9,3/35	3,1- 14/35	8,27- 9,87/35			

Поверхностные и подземные воды. Непосредственно в пределах участка месторождения Хорасан водоемы и поверхностные воды отсутствуют. Территория поверхностными водами не затопливается. Осадков выпадает мало. Среднегодовое количество осадков 120-200 мм, большая часть их приходится на весну. Выпадающие атмосферные осадки сразу фильтруются в рыхлые поверхностные отложения.

Крупной водной артерией района является р. Сырдарья, протекающая с юго-востока на северо-запад относительно месторождения Хорасан. На востоке и юго-востоке развита сеть ирригационных каналов (Келинтобинский канал) (рисунок 10). Сеть поверхностных водотоков слабо развита. Поверхностный сток в речных долинах, в основном, формируется за счет снеготалых вод, летом из-за отсутствия питания реки пересыхают. Также, в регионе есть несколько мелких соленых озер, которые в летнее время превращаются в солончаки [18,19].



Рисунок 10. Ирригационный канал

Зимой на реке Сырдарья часто осложняется паводковая ситуация в результате сброса излишних вод из Шардарьинского водохранилища и резких периодов потепления. Паводковая ситуация сопровождается движением льда. Вследствие ледовых заторов на прибрежных участках сел Жанакорган и Томенарык наблюдается высокий уровень стояния речной воды, а также происходит частичный размыв дамб. Ирригационные каналы в связи с отсутствием водорегулирующих сооружений и больших потерь воды на инфильтрацию, также повышают уровень грунтовых вод с началом работы каналов (март) и в течение последующих 2-3 месяцев [19].

Река Сырдарья является источником централизованного водоснабжения для ряда населенных пунктов Кызылординской области.

В 2005 году исследовались поверхностные воды левобережья реки Сырдарьи в районе Жанакоргана и площадь месторождения. Отбирались пробы донных осадков и воды из поверхностных водных источников. Пробы были проанализированы на комплекс радионуклидов, удельную общую альфа- и бета- активности. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Радионуклиды в поверхностных водах и донных осадках

Место отбора проб	Среда	Cs-137	K-40	Ra-226	Ra-228	Th-232	U-238	Th-234	Альфа/бета активность
Левобережье реки Сырдарья	Вода, Бк/л			0,0035-0,09			0,05-0,51		0,005-2,34/0,05-6,13
	Донные осадки, Бк/кг	1-33	476-673	16-29	21-39	20-81	19-161	26-60	380-840
Северный Харасан	Вода, Бк/л			0,0035			0,51		2,34/6,13
	Донные осадки, Бк/кг	7-33	584-673	18-27	24-33	45-73	19-62	27-43	640-787

Согласно результатам анализов проб донных осадков значения Cs-137, K-40 и удельной общей альфа-активности для месторождения значительно выше, чем для всего левобережья. Диапазон изменений U^{238} по левобережью выше, чем для площади месторождения. В воде максимальные значения по радионуклидам и по удельной общей альфа- и бета-активности относятся к водоисточнику, расположенному в условиях близких к грунтовым водам Северного Харасана. Так как уровень активности по основным дозообразующим радионуклидам (урану и радию) не превышен, значит поверхностные и грунтовые воды не радиоактивны [19].

Мониторинг за загрязненностью поверхностных вод в Кызылординской области на регулярной основе проводится РГП «Казгидромет» [14-22]:

- в 3-м квартале 2009 года проведены наблюдения за загрязнением поверхностных вод на реке Сырдарья на 5 пунктах, 6 створах. Качество воды реки Сырдарья в пределах Кызылординской области оценивалось как «умеренно загрязненная» (3 класс, ИЗВ=1,63-1,82). Во всех пунктах наблюдений основными загрязняющими веществами являются сульфаты в пределах 2,3-3,1 ПДК, медь – 3,0 ПДК, магний – 2,2-2,6 ПДК, остальные вещества находились в пределах допустимой нормы;

- в 2017 году в реке Сырдарья среднее значение водородного показателя составило – 7,8, концентрация растворенного в воде кислорода в среднем составляла – 5,34 мг/дм³, БПК₅ в среднем – 1,2 мг/дм³. Превышение ПДК были установлены по тяжелым металлам (меди(2⁺) – 2,3 ПДК) и главных ионов (сульфаты – 4,6 ПДК), биогенным веществам (железо общее – 1,2 ПДК). Качество воды реки Сырдарья оценивается как «умеренного уровня загрязнения».

По сравнению с 2016 годом качество воды реки Сырдарья улучшилось:

- в 1-м полугодии 2019 года в реке Сырдарья в створе ст. Тюмень-арык, в 46 км от г. Туркестан качество воды относилось к 4 классу: магний – 32,528 мг/ дм³, минерализация – 1496,051 мг/дм³, сульфаты – 451,667 мг/дм³. По длине реки Сырдарья температура воды отмечена в пределах 3,78-9,00°C, водородный показатель 6,96-7,62, концентрация растворенного в воде кислорода – 4,63-5,32 мг/дм³, БПК₅ – 1,0-1,17 мг/дм³, цветность – 41,3-97,83; запах – 0 балла во всех створах. Качество воды по длине реки Сырдарья относится к 4 классу: магний – 34,56 мг/л, минерализация – 1516,38 мг/л, сульфаты – 447,2 мг/л.

В рамках инженерно-геологических изысканий, проводимых Национальным исследовательским Томским политехническим университетом в 2014-2015 годах, грунтовые воды вскрыты на глубине 4,8-8,6 м от поверхности земли. Водовмещающими породами являлись пески. Гидравлическая связь с нижележащим горизонтом отсутствовала. Результаты анализа грунтовых вод показали [17]:

- содержание урана варьировало от 0,6 до 1,93 Бк/дм³ (рентгеноспектральный анализ);
- удельная интегральная альфа- и бета-активность не превысила допустимые нормы (радиометрический анализ);
- содержание тория-232 не превысило 0,005 Бк/дм³;
- максимальная концентрация мышьяка составляла 18,3 мкг/дм³, что ниже ПДК мышьяка для питьевых вод, равной 50 мкг/дм³;
- содержание свинца ниже предела чувствительности метода;

- грунтовые воды изначально непригодны для хозяйственно-питьевого водоснабжения по показателю общей минерализации (общий анализ вод);

- содержание полихлорбифенилов составляло от 0,00005 до 0,0007 мг/дм³, что меньше ПДК_{ПХБ} (0,001 мг/дм³);

- загрязнение грунтовых вод хлорорганическими пестицидами отсутствует, обнаружены только α - и γ -изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ) в интервале от $1,0 \times 10^{-6}$ до $7,5 \times 10^{-6}$ мг/дм³, что на три порядка меньше ПДК для изомеров ГХЦГ;

- содержание нефтепродуктов изменяются от 0,1 до 0,2 мг/дм³, что ниже ПДК для нефтепродуктов в воде (ПДК – 0,5 мг/дм³);

- загрязнения грунтовых вод токсикантами и тяжёлыми металлами не установлено

Изучались подземные воды месторождения «Северный Харасан» на содержание урана и радия. Активность радия в воде изменялась от 0,004 до 16,9 Бк/л, урана – от 0,006 до 5,98 Бк/л. Уровень вмешательства по урану был превышен 1 раз из 10, а радия – 2 раза из 7. Таким образом, извлекаемые воды из скважин месторождения могут оказаться радиоактивными [19].

Питьевое водоснабжение. В 2008 году по результатам исследований Сарысу-Сырдарьинской зоны, проводимых АО «Волковгеология», установлено:

- характеристика источников хозяйственно-питьевого водоснабжения в п. Жанакорган (по данным областного департамента СЭН) – суммарная альфа-активность 0,05-0,1 Бк/л, суммарная бета-активность 0,1-0,7 Бк/л, U^{238} – 0,3-0,7 Бк/л, Th^{232} – 0,1- 0,2 Бк/л, Ra^{226} – 0, 4 Бк/л, Cs^{137} – 0,05 Бк/л;

- характеристика источников централизованного водоснабжения в Жанакорганском районе (по данным 2004 года) – минерализация 0,9 г/дм³, рН – 7,8, NO_2 – 0,001 мг/л, NO_3 – 13,6 мг/л, общая альфа-активность 0,5 Бк/л, средняя суммарная альфа-активность 0,26 Бк/л (максимум 2,34 Бк/л), U^{238} – 0,01 Бк/л, средняя активность U^{238} – 0,07 Бк/л (максимум 0,56), Ra^{226} – 0,05 Бк/л, средняя активность Ra^{226} – 0,008 Бк/л (максимум 0,016), наличие тяжелых металлов выше ПДК не выявлено.

Растительный мир. Определяющими факторами развития структуры растительного покрова территории являются дефицит влаги, резкая континентальность климата со значительными сезонными и суточными колебаниями температуры, интенсивная ветровая деятельность и засоление почв. Эти факторы ограничивают биоразнообразие растительности.

Растительность редкая, полупустынная, небольшие рощи саксаула. В пойме реки тугайные заросли, на заболоченных участках камыш и тростник. Ландшафтное значение имеют виды родов полыни (*Artemisia*),

ежовника (*Anabasis*), солянки (*Salsola*). Для этих условий мест обитания характерна ксерогалофитная растительность из полыней туранской и белоземельной, полусухих (кейреук, терескен) и сочных многолетних (боялыч, биюргун, сарсазан) солянок, образующих как монодоминантные сообщества, так и многовидовые.

Среди растений, занесенных в Красную книгу Казахстана (1996), произрастают [20]: тюльпан Грейга (*Tulipa greigii* Regel) и гриб Феллориния шишковатая (*Phellorinia strobilina*), Эминимум Лемана (*Eminium Lehmanii*), Таволгоцвет Шренка (*Spiraeanthus shrenkianis*), Кучкоцветник Мейера (*Soranthus meyeri*).

Широкое развитие на обследованной территории получил *саксаул черный* (безлистный) (*Haloxylon aphyllum* L.).

Тамариск или гребенщик многоветвистый (*tamarix ramosissima*) довольно широко распространен на данной территории, представляет собой кустарник высотой до нескольких метров. Является ценной породой для облесения засоленных участков и для пескоукрепления. Кормовая ценность низкая

В 2014 и 2015 годах Национальным исследовательским Томским политехническим университетом проведены ботанические исследования на территории месторождения Хорасан. В пробы отбирались как поверхностная, так и корневая части растений. Значения интегральной альфа активности в растениях, содержания природных радионуклидов представлены в таблице 7. В ходе исследований авторами было установлено, что экологическое состояние растительного покрова на обследованном участке определяется как удовлетворительное. Растительный покров не требует вмешательства для его восстановления, так как может восстановиться самостоятельно. По обобщенным данным, полученным в ходе проведения полевых работ, на местах рекультивации скважин за период с 80-90-х по настоящее время растительность восстановилась естественным путем в среднем на 65-70 % от исходного состояния, что для данных условий показатель в целом удовлетворительный (рисунки 11,12). Содержание тяжелых металлов в золе растений, в основном, не превышает максимально допустимые уровни [18].



11) рекультивация устья скважины



12) восстановление растительности после рекультивации

Рисуноки 11,12. Восстановление растительного покрова

Таблица 7. Фоновые показатели радионуклидов в растениях

Год	Альфа активность в растениях, Бк/кг	U-238, в золе растений, мг/кг	Th-232, в золе растений, мг/кг
	Интервал значений/количество проб		
2014	110-350/21	<10-<10/21	<10-17/21
2015	<50-420/35	<3-6,1/35	<3-8,5/35

Животный мир. Животные на территории месторождения Хорасан представлены видами, свойственными горному массиву Каратау, пойме р. Сырдарьи и синатропными видами, обитающими рядом с человеком.

Фоновыми видами являются грызуны (суслики, тушканчики, большая песчанка), хищники (волк, лисица, корсак, степной хорек, хорь-перевязка, степная кошка, манул), птицы (жаворонки, каменки), насекомоядные (ушастый еж, малая бурозубка), рукокрылые (усатая ночница,

Насекомые. Среди насекомых очень много кровососущих – клещи, комары. Отмечены следующие виды ядовитых и патогенных пауков и клещей: каракурт (*Lathrodectus tredecimguttatus* (Rossi)), степной тарантул (*Lycosa nordmanni*), пестрый скорпион (*Mesobuthus eupeus* C.L.

Koch), черный скорпион (*Orthochirus scrobiculosus* Geube) и иксодовые клещи (*Hyalomma asiatica*, *Dermacentor daghestanicus*, *Rhipicephalus pumilio*).

Краснокнижные насекомые – 16 редких и исчезающих видов: махаон (*Papilio machaon*), пламенный микрозегрис (*Microzebris pyrotus*), туркменская пестрянка (*Zygaena trichmena*), дыбка степная (*Sago pedo*), сфекс желтокрылый (*Sphex flavipennis*), тонкохвост Аральский (*Ischnura aralensis*), боливария короткокрылая (*Bolivaria brachyptera*), пестрый аскалаф (*Ascalaphus macaronias*), прямобрюх южноазиатский (*Orthetrum Sabina*), кузнечик темнокрылый (*Ceraecercus fuscipennis*), гигантский ктырь (*Satanas gigas*), селисия черная (*Selesiothemis trichmena*), пчела-плотник (*Hyloterpa valga*), сколия степная (*Scolia hirta*), тугайная хохлатка (*Paraglyphisia oxiana*) и туранговая лента орденская (*Catocala optima*).

Ихтиофауна: шуковидный жерех или лысач (*Aspiolucius esocinus*) – редкая эндемичная для Средней Азии рыба, аральский усач (*Barbus brachicephalus*) и туркестанский усач (*Barbus capito conocephalus*).

3.2 АНАЛИЗ ИМЕЮЩИХСЯ ДАННЫХ ПО ФОНОВОМУ СОСТОЯНИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ИССЛЕДУЕМОМ РАЙОНЕ

Сбор фоновых данных показал, что район расположения рудника месторождения относится к зоне экологического кризиса Приаралья, и неоднократно исследовался. Имеются следующие данные:

- *по загрязнению атмосферного воздуха*. Измерения загрязняющих веществ таких, как диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода и взвешенные вещества в атмосферном воздухе с. Жанакорган ежегодно проводятся Департаментом экологического мониторинга РГП «Казгидромет» во время экспедиционных выездов. Средние значения максимально-разовых концентраций основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для села Жанакорган *не превышают ПДК*: взвешенные вещества – 0,058 мг/м³, (при ПДК для взвешенных веществ: взвешенные частицы (пыль) – 0,5 мг/м³, взвешенные частицы РМ 10 – 0,3 мг/м³, взвешенные частицы РМ 2,5 – 0,16 мг/м³); диоксид серы – 0,088 мг/м³ (при ПДК 0,5 мг/м³); диоксид азота – 0,067 мг/м³ (при ПДК 0,2 мг/м³); оксид углерода – 0,95 мг/м³ (при ПДК 5,0 мг/м³). 2019 году в Жанакорганском районе максимально-разовые концентрации составили: по взвешенным веществам – 0,03 мг/м³, диоксиду серы – 0,035 мг/м³, диоксиду азота – 0,04 мг/м³, оксиду углерода – 0,9 мг/м³. Этому способствует как климатические условия местности (наличие хорошей продуваемости), так и отсутствие крупных промышленных предприятий, имеющих большие значения выбросов в атмосферу;

- по типам почв для данного региона. Для данного региона характерны серо-бурые пустынные почвы, солонцы пустынные, takyры;

- по нарушенности почвенного покрова в 2015 году. Наблюдения проводились Национальным исследовательским Томским политехническим университетом. По результатам исследований установлено, что территория была подвержена не значительным нарушениям и площадь деградированных земель не превысила 5,2 % от общей площади геологического отвода; почвенно-растительный слой подвергся нарушениям в виде дорожной депрессии и связанными с производственной деятельностью открытыми горными выработками (зумпфы, шурфы, каналы); техногенная деградация почв на обследованной территории в основном связана с поисково-разведочными работами; плотность почв, содержание солей, содержание обменного натрия и др. под влиянием антропогенного воздействия не изменились; содержание мышьяка в почвах не связано с антропогенными факторами; содержание свинца в почва в пределах 9-21 мг/кг (ниже ПДК 32 мг/кг); экологическая оценка состояния почв – относительно удовлетворительная;

- по уровню альфа активности почв, плотного остатка и водородного показателя, водной вытяжки почв, содержания природных радионуклидов в почвах, значений мощности экспозиционной дозы (МЭД). В 2014-2015 годах измерения проводились Национальным исследовательским Томским политехническим университетом. По результатам анализов альфа активность почв в интервале 140-650 Бк/кг, Плотный остаток водной вытяжки почв – 0,042-3,27%, содержание U-238 – <10-9,3 мг/кг, содержание Th-232 – <10-14 мг/кг, pH водной вытяжки – 8,27-9,87, МЭД – 0,07-0,18 мкЗв/час, МЭД по пескам – 0,07-0,14 мкЗв/час, МЭД по супесям – 0,10-0,15 мкЗв/час;

- по уровню альфа и бета активности поверхностных вод и донных осадков в 2005 году. Исследовались воды леобережья р. Сырдарьи и на месторождении. Альфа и бета активность воды и донных осадков на месторождении значительно выше, чем на левобережье реки: в воде: месторождение – альфа-активность – 2,34 Бк/л, бета-активность – 6,13 Бк/л, левобережье – альфа-активность – 0,005 Бк/л, бета-активность – 0,05 Бк/л; в донных осадках: месторождение – альфа-активность – 640-787 Бк/л, левобережье – альфа-активность – 380-840 Бк/л;

- по активности радионуклидов в донных осадках поверхностных вод, средние значения составляют: U^{238} – 65 Бк/кг (максимум 161 Бк/кг), Ra^{226} – 24 Бк/кг (максимум 35 Бк/кг), Th^{232} – 51 Бк/кг (максимум 82 Бк/кг), Ra^{228} – 31 Бк/кг (максимум 42 Бк/кг), K-40 – 582 Бк/кг (максимум 782 Бк/кг) и параметры $A_{эфф}$ – 143 Бк/кг (максимум 198 Бк/кг), пылерадиационный фактор (ПРФ) – 0,007 мкЗв/мг (максимум 0,013 мкЗв/мг), комплексный радоновый показатель (прогнозная

вероятность выявления сверхнормативных значений ЭРОА) $P_{Rn} - 2,1$ (максимум 5,3), сумма коэффициентов концентрации основных радионуклидов в донных осадках, отнесенных к фоновому значению $Z_c - 4$ (максимум 8,6);

- по активности радионуклидов в природных водах, средние значения составляют: $U^{238} - 0,2$ Бк/л (максимум – 0,5 Бк/л), $Ra^{226} - 0,03$ Бк/л (максимум 0,1 Бк/л), U^{238} в сухих остатках – 110 Бк/кг (максимум 421 Бк/кг); $\frac{\sum A_i}{U_{Bi}} - 0,4$ (максимум 1,1);

- по качеству воды в реке Сырдарья на створе ст. Тюмень-арык в первом полугодии 2019 г. Измерения проводятся РГП «Казгидромет». Качество воды относится к 4 классу водопользования: магний – 32,528 мг/дм³, минерализация – 1496,051 мг/дм³, сульфаты – 451,667 мг/дм³. Вода может использоваться для орошения и нужд промышленности. Для использования воды для хозяйственно-питьевых нужд требуется интенсивная водоподготовка;

- по качеству воды по длине реки Сырдарья в первом полугодии 2019 г. Измерения проводятся РГП «Казгидромет». Температура воды отмечена в пределах 3,78-9,00°C, концентрация кислорода – 4,63-5,32 мг/дм³, БПК₅ – 1,0-1,17 мг/дм³, цветность – 41,3-97,83; запах – 0 балла во всех створах. Качество воды относится к 4 классу водопользования: магний – 34,56 мг/л, минерализация – 1516,38 мг/л, сульфаты – 447,2 мг/л;

- по химическому составу водоносных горизонтов.

Водоносный четвертичный аллювиальный комплекс (Q). По качеству подземные воды комплекса изменяются от пресных до сильносоленоватых и соленых (минерализация колеблется от 0,4 до 13,5 г/куб.дм). Жиделинское месторождение. Минерализация вод 0,4-1,0 г/дм³; химический состав гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатные, кальциево-магниевые; органолептические показатели отвечают требованиям к воде питьевого назначения; загрязнения пестицидами не выявлено; температура подземных вод 15,5-18 °C;

- по характеристике источников хозяйственно-питьевого водоснабжения в с. Жанакорган – суммарная альфа-активность 0,05-0,1 Бк/л, суммарная бета-активность 0,1-0,7 Бк/л, $U^{238} - 0,3-0,7$ Бк/л, $Th^{232} - 0,1-0,2$ Бк/л, $Ra^{226} - 0,4$ Бк/л, $Cs^{137} - 0,05$ Бк/л;

- по характеристике источников централизованного водоснабжения в Жанакорганском районе (по данным 2004 года) – минерализация 0,9 г/дм³, pH – 7,8, NO₂ – 0,001 мг/л, NO₃ – 13,6 мг/л, общая альфа-активность – 0,5 Бк/л, средняя суммарная альфа-активность – 0,26 Бк/л (максимум 2,34 Бк/л), $U^{238} - 0,01$ Бк/л, средняя активность $U^{238} - 0,07$ Бк/л (максимум 0,56), $Ra^{226} - 0,05$ Бк/л, средняя активность

Ra^{226} – 0,008 Бк/л (максимум 0,016), наличие тяжелых металлов выше ПДК не выявлено;

- *по результатам исследований грунтовых вод в 2014-2015 гг.* Измерения проводились Национальным исследовательским Томским политехническим университетом. По данным химического анализа: уран – 0,6-1,93 Бк/дм³; удельная интегральная альфа- и бета-активность не превысила допустимые нормы; торий-232 – <0,005 Бк/дм³; мышьяк – 18,3 мкг/дм³ (при ПДК 50 мкг/дм³); свинец – ниже предела чувствительности метода; полихлорбифенилы – 0,00005-0,0007 мг/дм³ (ПДК_{ПХБ} 0,001 мг/дм³); нефтепродукты – 0,1 - 0,2 мг/дм³, (ПДК – 0,5 мг/дм³); токсиканты и тяжелые металлы не установлены. Вода не пригодна для хозяйственно-питьевого использования;

- *литературные данные по разнообразию растительного мира.* Основными видами растительности, встречаемых в районе, являются: полынь белоземельная (*Artemisia terrae-albae*); полынь туранская (*Artemisia turanica*), кейреук (*Salsola rigida*), тепискен (*Eurotia ceratoides*), кохия простертая (*Kochia prostrata*), климакоптера супротивнолистная (*Climacoptera brachiata*), эбелек (*Ceratocarpus utriculosus*), мортуки восточный, Бонапарта, пшеничный (*Eremopyrum orientale*, *E. Buonoparte*, *E. triticeum*), мятлик луковичный (*Poa bulbosa*), осока толстостолбиковая (*Carex pachystylis*), рогоглавник пряморогий (*Ceratocephalus ortoceras*), бурачок пустынный (*Alyssum desertorum*) тюльпаны (*Tulipa* sp.), оносма тычиночная (*Onosma stamineum*), ревень татарский (*Rheum tatarica*), боялыч, бюргун (*Anabasis salsa*), саксаул черный (безлистный), Тамариск (*Tamarix ramosissima*).

- *по уровню альфа активности в растениях и содержания природных радионуклидов в золе растений в 2014-2015 годах.* Измерения проводились Национальным исследовательским Томским политехническим университетом. По результатам анализов альфа активность в растениях в интервале <50-420 Бк/кг, содержание U-238 – <3-6,1 мг/кг, содержание Th-232 – <3-17 мг/кг;

- *по состоянию растительного покрова в 2015 году.* Наблюдения проводились Национальным исследовательским Томским политехническим университетом. Установлено, что экологическое состояние растительного покрова на обследованном участке определяется как удовлетворительное. Растительный покров не требует вмешательства для его восстановления, так как может восстановиться самостоятельно. Содержание тяжелых металлов в золе растений, в основном, не превышает максимально допустимые уровни;

- *литературные данные по разнообразию животного мира.* Млекопитающие - грызуны, мелкие хищники (суслики, полёвки, тушканчики, песчанки, корсак, шакал, ласка, степной хорёк, ёж ушастый, рыжая вечерница, двухцветный кожан, заяц толай). Краснокнижные - пегий пудотак, перевязка, барханный кот, джейран –

Gazella subgutturosa (III категория статуса, редкий вид с сокращающимся ареалом), тугайный благородный олень. Птицы – жаворонки, каменки, воробьи. Краснокнижные – гнездящиеся: колпица, змееяд, степной орел, могильник, джек; на пролете: розовый и кудрявый пеликаны, савка, краснозобая казарка, лебедь-кликун, малый лебедь, скопа, беркут, орлан долгохвост, шахин.

3.3 ВЫВОДЫ ПО СБОРУ ИМЕЮЩИХСЯ ФОНОВЫХ ДАННЫХ

В ходе исследования проведена работа по сбору материалов о деятельности предприятия и анализа фонового состояния окружающей среды исследуемой территории месторождения.

На основании анализа фоновых данных сделан вывод об отсутствии превышений ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, в связи с климатическими условиями (хорошая продуваемость ветрами). Радиационная обстановка не превышает допустимого уровня. Качество воды в реке Сырдарья относится к 4 классу водопользования – вода может использоваться для орошения и нужд промышленности. Для использования воды для хозяйственно-питьевых нужд требуется интенсивная водоподготовка.

Вместе с тем, проведенный анализ собранных данных показал, что на предприятии отсутствуют следующие данные: по радиационному фону в почве, воде и приземном слое атмосферного воздуха на прилегающих к руднику территориях: на зимовках и летовках, местах выпаса скота, вдоль маршрутов транспортировки отходов и готовой продукции; данные о загрязнении почв; данные о загрязнении и химическом составе воды в колодцах, находящихся на зимовках, летовках и местах выпаса скота; данные мониторинга биоразнообразия в исследуемом районе, разработка отсутствующих данных на предприятии позволит определить иерархическую последовательность задач ликвидации до уровня отдельных мероприятий, определение порядка их исполнения и конечных результатов, так как целью ликвидации является возврат объекта недропользования, а также затронутых недропользованием территорий в состояние самодостаточной экосистемы, совместимой с благоприятной окружающей средой.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАКТИВНОСТИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ ПОД ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

В настоящее время добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания является сырьевой основой существования урановой промышленности Республики Казахстан. Запасы урана в месторождениях, пригодных для разработки данным способом, чрезвычайно велики, и способны обеспечить высокорентабельную добычу в течение многих лет.

В качестве выщелачивающего реагента используется серная кислота. Однако высокая кинетика взаимодействия серной кислоты с полевыми шпатами и карбонатными минералами рудовмещающих пород в сложных горно-геологических условиях препятствует процессу выщелачивания и требует проведения ремонтно-восстановительных работ (РВР) на скважине. Проведение РВР включает работы по демонтажу погружных насосных агрегатов с последующей декольматацией скважины, что сопряжено с рисками и может привести к нарушениям экологической безопасности на предприятии. Также при кольматации продуктивного горизонта линии тока меняют направление, что может привести к незапланированному растеканию технологических растворов, в результате чего часть выщелачивающего раствора будет поступать в близлежащие водоносные горизонты, что приведет к их загрязнению.

Таким образом, в процессе скважинной добычи урана происходит негативное воздействие не только на пластовые воды продуктивного горизонта, но и на поверхностный почвенный слой ионов тяжелых и радиоактивных металлов, сульфата, кремния, алюминия и осаждённых компонентов вмещающих пород. Данные загрязнители пагубно влияют на здоровье людей, а также флору и фауну после завершения процессов добычи, делая непригодным к последующему использованию почвы.

В настоящее время основными требованиями при проведении рекультивации отработанных участков является изъятие и дезактивация грунта, содержащего вредные компоненты и соединения, ликвидация остаточной кислотности подземных вод продуктивного горизонта и снижение содержание урана в растворах до минимальных показателей. Однако единые требования по восстановлению пластовых вод и нормативные документы, жестко регламентирующие остаточное содержание солей тяжелых металлов в пластовых водах еще не приняты в виду сложности вопроса, требующего многостороннего рассмотрения и изучения.

Технология рекультивации участков после скважинной добычи урана предусматривает дозиметрические и радиометрические замеры геотехнологического поля с изъятием грунта в местах превышения

нормы допустимого излучения, с последующим замещением его ранее собранным плодородным слоем, не имеющим химического или радиоактивного загрязнения. Загрязненный грунт относится к твердым радиоактивным/низко радиоактивным отходам (ТРО/ТНРО) и подлежит захоронению в специально оборудованных могильниках, хвостохранилище [21]. При больших объемах ТРО данные методы предусматривают вложение значительных капитальных средств, ввиду трудоемкости процессов, связанных с изъятием, обращением и хранением больших масс загрязненного грунта.

4.1. РЕЗУЛЬТАТЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАДИОАКТИВНОСТИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

Для оценки объемов загрязненной почвы под дневной поверхностью производились замеры альфа-активности отобранных проб в слоях почвы и минимальной эффективной дозы (МЭД) на дневной поверхности. На основании результатов замеров был построен график зависимости суммарной альфа-активности в пробах почвы от МЭД на дневной поверхности, представленный на рисунке. На графике показаны вертикальные штриховые линии для слоев от 25 до 100 см, когда происходит превышение 1200 Бк/кг. Из рисунка 13 можно сделать вывод, что альфа-излучающие радионуклиды проникают в слой 25-50 см при МЭД на дневной поверхности земли 0,7 мкЗв/час, в слой 50-75 см при 1,2 мкЗв/час и в слой 75-100 см при 2 мкЗв/час.

Таким образом, из лабораторных анализов видно, что альфа-излучающие радионуклиды располагаются как на поверхности почвы, так и проникают вглубь почвы, при этом глубина их распространения местами достигает 1 метра. Среднее загрязнение по слоям составляет: 1812 Бк/кг (для слоя 0-25 см); 3548 Бк/кг (для слоя 25-50 см); 3305 Бк/кг (для слоя 50-75 см); 1811 Бк/кг (для слоя 75-100 см). Хотя минимальная удельная активность Ra-226 составляет 10 000 Бк/кг, загрязненный грунт можно отнести к низкорadioактивным отходам.

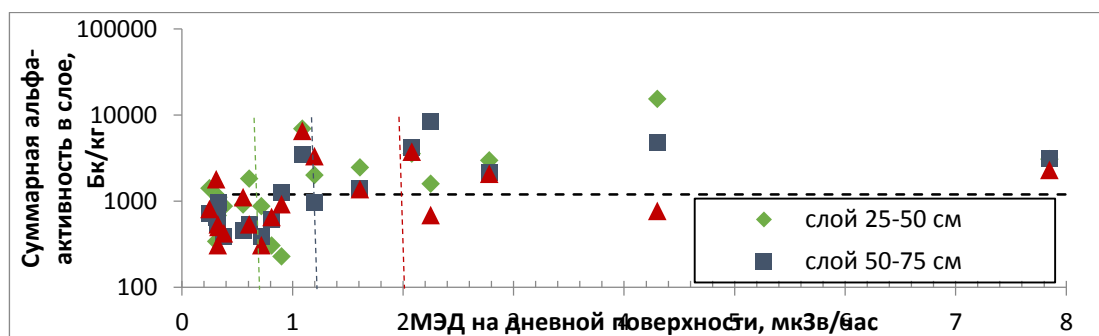


Рисунок 13. Зависимость суммарной альфа - активности в пробах почвы от МЭД на дневной поверхности

Загрязнённые земли, подлежащие рекультивации согласно «Санитарно-эпидемиологическим требованиям к радиационно-опасным объектам» должны соответствовать требованиям радиационной безопасности [22].

Выводы и рекомендации

Загрязненный грунт, вывозимый на захоронение, можно отнести к низкорadioактивным отходам, хотя его активность не превышает минимально значимой удельной активности. Для решения вопросов рекультивации и восстановления естественного природного фона содержаний радионуклидов в почвенном покрове на больших площадях необходимо разрабатывать новые методы рекультивации с применением специально подобранных многолетних растений, со временем нейтрализующие источники ионизирующих излучений до естественного природного фона.

5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРАНА НА ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ОРГАНИЗМ

На сегодняшний день в Республике Казахстан существует правила и нормы радиационной безопасности, которых придерживаются все службы на производственных предприятиях. Вместе с тем, проводятся обязательные медицинские осмотры сотрудников.

Как известно, природный уран состоит из трех изотопов урана ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U . При известных величинах активности каждого из изотопов урана, мало сведений о степени долгосрочного негативного влияния на человеческий организм (ткани, органы), также мало фактов, указывающих на появление той или иной болезни вследствие контакта с урановыми технологическими продуктами (технологические растворы, газы).

Вредное воздействие урана заключается в его совокупности радиационной активности и химической токсичности. Первоначально при попадании в организм человека в ранние сроки воздействия преобладает химическая токсичность урана. В первую очередь поражаются почки. В организме уран в основном связан в карбонатные/бикарбонатные комплексы, например, $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2]^{2-}$. Эти комплексы стабильны при нейтральном pH (в крови) и не обладают высокой реакционной способностью. Однако, при низком pH (в моче) выделяется высоко реакционноспособный ион уранила $[\text{UO}_2]^{2+}$. Повышение уровня урана в организме приводит к снижению клубочковой фильтрации в почках, канальцевой секреции органических анионов, реабсорбции глюкозы и аминокислот в проксимальных канальцах [24].

Для решения данной задачи по совокупности таких показателей как экспрессность, точность, предел обнаружения, избирательность наиболее эффективным является метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС ИСП) [25]. Для МС ИСП измерения изотопов урана в моче имеется стандартный метод испытаний [26], который требует специфическую подготовку проб (ионообменное отделение урана от матрицы пробы) и дорогостоящие изотопные стандартные образцы, выпускаемые за рубежом.

В процессе проведения работ, целью была разработка простой и эффективной методики с использованием прямого МС ИСП измерения в пробе, позволяющая быстро и точно измерить содержание урана в моче человека для использования в сервисных лабораториях АО «НАК «Казатомпром».

Приборы и методы. Для выполнения работ по разработке методики использован квадрупольный масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой NexION 350X производства Perkin Elmer (рисунок 14). Выполнены экспериментальные работы по выбору

оптимальных инструментальных параметров масс-спектрометра. Критериями выбора являлись максимальные чувствительность и экспрессность измерений, минимальное влияние биоматрицы пробы. Настройка масс-спектрометра (оптимизация параметров) выполняется по изотопу уран-238. Для получения ультрачистой воды применяли систему Arium 611 UF Sartorius AG, обеспечивающая получение воды с удельным сопротивлением 18 МОм·см². Для приготовления растворов применялись одноканальные пипеточные дозаторы жидкости VITLAB Micropipette с диапазоном дозирования 10 – 100 мм³, 100 – 1000 мм³, 0,5 – 5 см³ и 1 – 10 см³, обеспечивающие суммарную погрешность дозирования не более 1,5 %.

Реактивы. Кислота азотная концентрированная о.с.ч. (Merck, Германия) и образец урана CO CGU1 Inorganic Ventures с номинальным (целочисленным) аттестованным значением содержания 1001 мкг/см³.

Анализируемые образцы. Для анализа проб мочи и метрологических характеристик МВИ использовали открытое кислотное термическое разложение.

Проведение измерений. Использован раствор азотной кислоты, аналогичный анализируемым пробам, в качестве холостого хода



Рисунок 14. Общий вид ИСП MC NexION 350X

5.1.РЕЗУЛЬТАТЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ВЛИЯНИЯ УРАНА НА ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ОРГАНИЗМ

Для выбора условий пробоотбора, хранения проб мочи и пробоподготовки учитывались рекомендации [27,28].

Моча человека отличается сложным составом и значительной вариабельностью матрицы. Как правило, в МС ИСП для области тяжелых масс матричное влияние заключается в значительном занижении аналитического сигнала. Для уменьшения влияния матрицы на анализ ее необходимо разрушать, либо отделять от определяемого компонента или корректировать тем или иным методом. В настоящей работе для коррекции матричного занижения аналитического сигнала урана (сумма изотопов уран-235 и уран-238) использован широко распространенный в спектрометрической практике метод внутренней стандартизации. Применительно к масс-спектрометрии для этого выбирают изотоп элемента, претерпевающего сходное с определяемым элементом матричное влияние и отсутствующий в объектах анализа. В данной работе выбран также торий-232 (моноизотоп), являющийся оптимальным внутренним стандартом при измерении урана ввиду близости атомной массы тория и значения 1-го потенциала ионизации к тем же характеристикам у урана. Внутренний стандарт вводят в разбавленную пробу для измерения и в раствор разбавителя (в данном случае 5 %-ная азотная кислота).

На рисунке 15 показана функциональная схема МВИ содержания урана в пробах мочи, в которой используется метод внутренней стандартизации по торию-232.

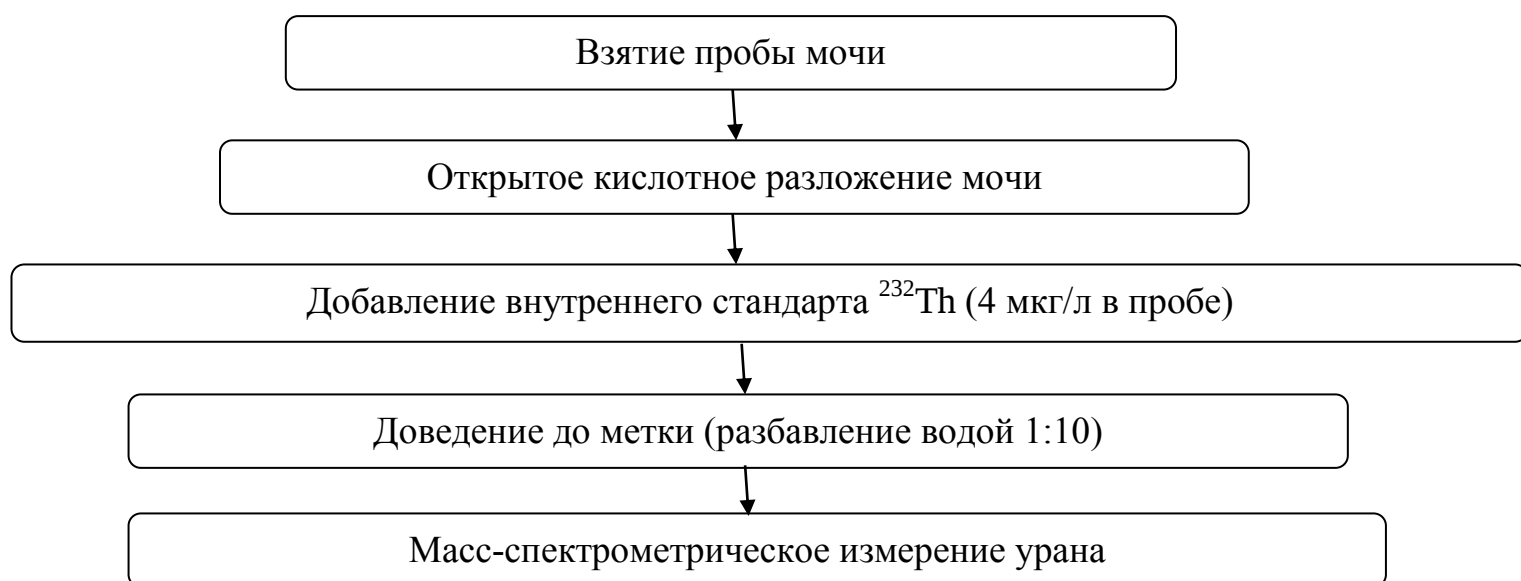


Рисунок 15. Функциональная схема МВИ

На рисунке 16 показана экспериментальная зависимость матричного коэффициента k для урана от степени разбавления мочи. Значение матричного коэффициента k вычислено по формуле (в отн. ед.):

$$k = \frac{I_s}{I_x},$$

(1)

где: I_s – измеренная интенсивность ионного сигнала урана в растворе разбавителя (5 %-ная азотная кислота), имп./с;

I_x – измеренная интенсивность ионного сигнала урана в разбавленном растворе мочи, имп./с.

Из данных Рисунка 2 приблизительная оценка мультипликативного коэффициента для учета систематической составляющей погрешности измерений урана в моче составляет $\approx 1,04$ (отношение коэффициентов a для урана и тория), данный коэффициент необходимо вносить в расчет результата измерения урана в моче в качестве мульти-пликативной поправки.

Рисунок 3 показывает линейный характер изменения матричного коэффициента в зависимости от степени разбавления пробы и наличие мультипликативной систематической погрешности измерений урана с внутренней стандартизацией по торию-232, характеризующейся разными коэффициентами – a в линейной функции вида:

$$y = ax + 1,$$

(2)

где: y – значение матричного коэффициента, вычисляемого по формуле (1), отн. ед.;

x – коэффициент разбавления пробы мочи, отн. ед.

Для градуировки масс-спектрометра использован стандартный образец (СО) состава урана Inorganic Ventures (США) с относительной погрешностью аттестованного значения содержания урана не более 1 % ($P=0,95$). Программное обеспечение масс-спектрометра автоматически аппроксимирует и выполняет построение линейной градуировочной характеристики в координатах: значение интенсивности сигнала (в имп./с) – значение массовой концентрации урана (в мкг/дм^3). Расчет не скорректированной массовой концентрации урана осуществляется программным обеспечением автоматически в методе количественного анализа (Quantitative Analysis) по введенным входным данным (коэффициент разбавления).

В соответствии с рекомендациями [29] выполнена расчетно-экспериментальная оценка показателей качества методики

(прецизионности, правильности и точности) с помощью набора образцов для оценивания в виде аттестованных смесей (АС) водных растворов урана. АС представляют собой растворы с аттестованными по [30] значениями содержания урана, и приготовлены путем разбавления СО состава урана раствором, приготовленным на основе натуральной человеческой мочи, соответствующей по составу среднесуточной моче человека.

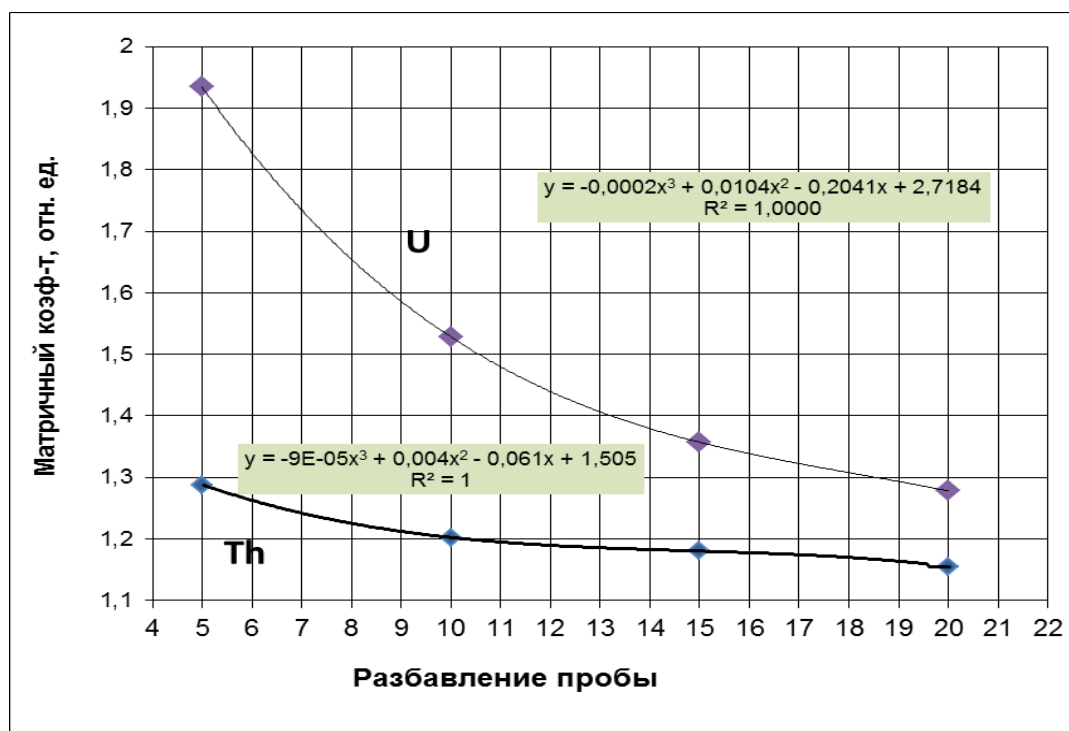


Рисунок 16. Зависимость матричного коэффициента для урана и тория-232 от степени разбавления мочи

Выполнены экспериментальные работы по набору статистических данных (результатов измерений содержания урана в образцах для оценки, полученных в регламентированных условиях) для оценки показателей качества. В результате статистической обработки полученных данных оценочного эксперимента установлены показатели качества методики [29] (повторяемости, воспроизводимости, правильности и точности).

Для нижней границы содержания урана, найденной экспериментально-расчетным путем с учетом рекомендаций [31] приписанные характеристики погрешности (при $P=0,95$) МВИ составили:

- значение показателя повторяемости не более 0,15 отн. ед.;
- значение показателя точности (границы погрешности) не более 0,6 отн. ед.;

Нормы и меры реагирования

Мониторинг содержания урана в моче человека работников уранодобывающих предприятий является важной составляющей системы дозиметрического контроля профессионального внутреннего облучения персонала, подвергающегося воздействию открытых радионуклидных источников на основе природного урана. Для определения лиц обязательных для контроля уровня внутреннего облучения необходимо проанализировать, как и в какой степени сотрудник контактирует с продуктами передела урана на уранодобывающих предприятиях. Условно, весь контролируемый персонал можно разделить на несколько групп риска:

- I группа: персонал, постоянно работающий с технологическими продуктами переработки урана на участке переработки технологических растворов, персонал работающий в аффинажном цехе, персонал ФХЛ, персонал работающий на геотехнологическом поле с урановой породой, кернами и шламом.

- II группа: персонал, работающий на уранодобывающем предприятии, периодически контактирующий с технологическими продуктами переработки урана, ИТР, работники административно – хозяйственного комплекса на территории уранодобывающего предприятия.

Для того, чтобы определить какие нормы референсных значений будут актуальными для работников уранодобывающей отрасли РК, необходимо изучить опыт и наработки ведущих компаний и государств в этой отрасли.

Согласно рекомендаций Комиссии по ядерному регулированию США [32], анализ мочи необходим для рабочих: 1) находящихся постоянно или периодически под воздействием воздушно-миграционных форм соединений урана или напрямую участвующих в работах по техническому обслуживанию в местах, где вероятно воздушно-миграционное воздействие соединений урана, или 2) находящихся ежедневно под воздействием пыли урановой руды. Анализ мочи рекомендуется выполнять для каждого рабочего до первого назначения на обозначенную работу. Биотесты выполняются, если есть какая-либо причина подозревать получение ингаляционным путем дозы, превышающей дозу воздействия средней концентрации уранового концентрата $3,7 \cdot 10^{-6}$ Бк/мл для 40-часовой рабочей недели или средней концентрации рудной пыли $3,7 \cdot 10^{-6}$ Бк/мл (на основе общей объемной альфа-активности в воздухе) в течение одного квартала; если применяется защита органов дыхания для снижения доз при вдыхании ниже указанных пределов, то анализ мочи выполняют для проверки эффективности средств индивидуальной и/или коллективной защиты органов дыхания. Для примера, на рисунке 4 ниже показана кинетика

выведения урана из организма после поступления 260000 мкг урана (уранового концентрата низкого обжига), что соответствует 1 пределу годового поступления.

Рабочие на производственных участках работ с соединениями урана могут подвергаться дозовым нагрузкам, обусловленными непостоянными уровнями содержания урансодержащих частиц в воздухе, что может привести к химическому повреждению почек. Поэтому анализ урана в моче должен выполняться с достаточной периодичностью для выявления таких внутренних доз перед удалением урана из организма.

Образцы для анализа на содержание урана в моче отбирают минимум через 36 часов после пребывания донора на производственном участке. Указанная задержка необходима для удаления части урана, которая выводится, минуя почечные ткани. Т.к. данный метод контроля внутреннего облучения представляет ценность при его внедрении на предприятие в режиме мониторинга с обратной связью для оперативного вмешательства и принятия корректирующих мер, то ключевым фактором становится периодичность проведения анализов для сотрудников группы А, работающих по вахтовому методу. Так, согласно [33] периодичность отбора проб мочи зависит от оценки количества поступающего урана и от растворимости вдыхаемого материала, но не может быть менее 1 раза в месяц. Следует отметить, что эффективность и информативность метода резко падает, если осуществлять измерение содержания урана в моче не в режиме мониторинга, а, например, раз в год - во время ежегодного профосмотра для персонала группы А.

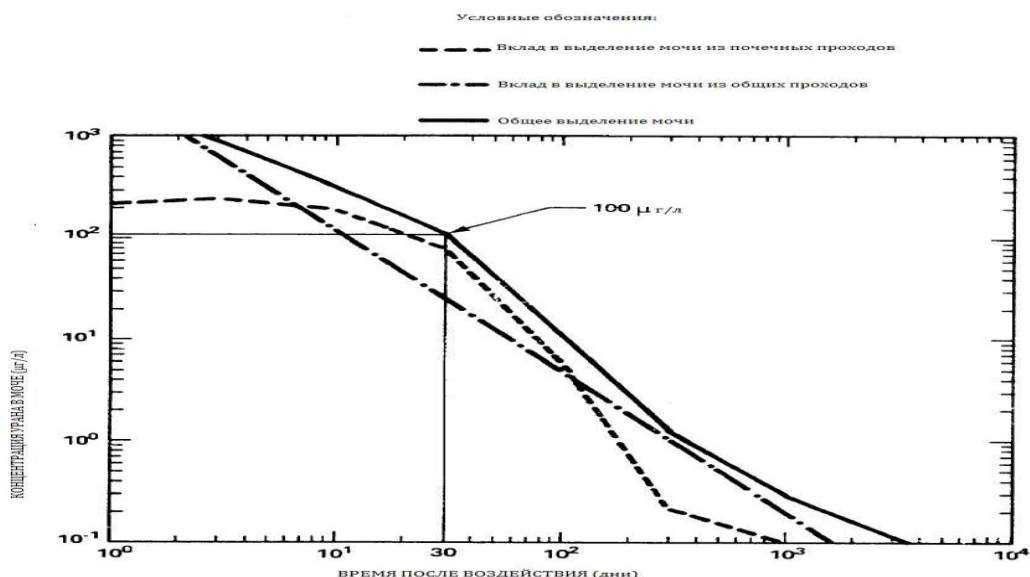


Рисунок 17 - Содержание урана в моче после одного воздействия уранового концентрата низкого обжига (поступление = 260000 мкг урана, равное 1 пределу годового поступления), из NUREG-0874.

Принятие решений в рамках системы производственной дозиметрии, возможные корректирующие действия/мероприятия зависят от выявленных уровней содержания урана в моче донора. Принято, что при содержании урана в моче менее 15 мкг/л (уровень исследования) продолжают наблюдение (мониторинг) без особых действий [75]. Но, необходимо учитывать, что любые подтвержденные положительные результаты анализа мочи являются признаком присутствия растворимого урана, воздействующего на почки.

Так, при выявлении содержания в диапазоне от 15 мкг/л до 35 мкг/л, указанным руководством предписываются следующие действия:

1. Провести повторный анализ для подтверждения результатов.
2. Выявить причину повышенного содержания и ввести дополнительные контрольные меры, если результат подтверждается.
3. Проверить данные проб воздуха для определения источника воздействия и дозовых уровней.
4. Определить, могли ли другие рабочие подвергнуться такому же воздействию и провести измерение биопроб для них.
5. Установить ограничения на работы, пока содержание урана в моче донора не станет ниже 15 мкг/л.

При выявлении содержаний свыше 35 мкг/л (уровень незамедлительного действия) дозиметрические меры по защите от урана и, вероятно, программы отбора проб воздуха неприемлемы. В таком случае предписываются следующие действия:

1. Работа производственного участка может быть продолжена, только если есть фактическая уверенность в том, что другие рабочие не имеют концентрацию урана в моче более 35 мкг/л.
2. Ограничить доступ к работе для зараженных работников или повысить меры защиты от урана, если причина рудная пыль или урановый концентрат с высокой температурой прокалики.
3. Анализировать биопробы еженедельно.

За весь период проведения исследований, значений выше концентрации 4 мкг/л в биопробах мочи выявлено не было (при разработке были использованы пробы мочи более 40 разных доноров).

Введенный с помощью описанного метода оперативный контроль и процедуры оперативного вмешательства определяют повышенное внимание и ответственность при выполнении требований ТБ персоналом, использовании СИЗ, служат дополнительной проверкой надёжности обеспечения безопасности технологического процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Актуальность проблем по определению иерархической последовательности задач ликвидации, которая обеспечит возврат объекта недропользования, а также затронутых недропользователем территорий в состояние самодостаточной экосистемы, совместимые с благоприятной окружающей средой не вызывает сомнения.

В данном научном исследовании были выполнены следующие задачи:

- 1) Сбор и анализ имеющихся фоновых данных об экологическом состоянии ОС месторождения «Хоросан»
- 2) Определение радиоактивности загрязненной почвы под дневной поверхностью;
- 3) Определение влияния урана на человеческий организм.

Таким образом, согласно исследованиям,

1) Анализ собранных фоновых данных показал, что на предприятии отсутствуют следующие данные: по радиационному фону в почве, воде и приземном слое атмосферного воздуха на прилегающих к руднику территориях: на зимовках и летовках, местах выпаса скота, вдоль маршрутов транспортировки отходов и готовой продукции; данные о загрязнении почв; данные о загрязнении и химическом составе воды в колодцах, находящихся на зимовках, летовках и местах выпаса скота, данные мониторинга биоразнообразия. Предприятию, необходимо провести мероприятия по проведению исследований в части отсутствующих данных, что позволит при разработке Программы определить этапы мероприятий по ликвидации.

2) Загрязненный грунт, вывозимый на захоронение, можно отнести к низкорadioактивным отходам, хотя его активность не превышает минимально значимой удельной активности. Для решения вопросов рекультивации и восстановления естественного природного фона содержаний радионуклидов в почвенном покрове на больших площадях необходимо разрабатывать новые методы рекультивации с применением специально подобранных многолетних растений, со временем нейтрализующие источники ионизирующих излучений до естественного природного фона.

3) Результаты проведенных исследований, по предложенной методике, показали содержание значения концентрации урана в биопробах не более 4 мкг/л мочи (использованы пробы мочи более 40 разных доноров). Введенный с помощью описанного метода оперативный контроль и процедуры оперативного вмешательства предопределяют повышенное внимание и ответственность при выполнении требований ТБ персоналом, использовании СИЗ. С помощью описанного метода оперативный контроль и процедуры

оперативного вмешательства определяют повышенное внимание и ответственность при выполнении требований ТБ персоналом.

Также в качестве рекомендаций предложено:

1) Разработка отсутствующих фоновых данных на предприятии для включения в Программу ликвидации (по радиационному фону в почве, воде и приземном слое атмосферного воздуха на прилегающих к руднику территориях: на зимовках и летовках, местах выпаса скота, данные о загрязнении почв и химическом составе воды в колодцах, находящихся на зимовках, летовках и местах выпаса скота). На данное время рекомендаций нет.

2) Разработка новых методов рекультивации с применением специально подобранных многолетних растений, со временем нейтрализующие источники ионизирующих излучений до естественного природного фона. На данное время методы не разработаны.

3) Разработка специальных мероприятий для измерения показателей безопасности при работах по обеспечению охраны здоровья сотрудников. На данное время мероприятия отсутствуют.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1	Крышев И.И. Курындына Л.А., Линге И.И. Оценка ущерба окружающей среде при использовании атомной энергии // Атомная энергия, 2014. Т.117, № 3. С. 159-164.
2	Внесение изменений и дополнений в Технический проект «Освоение участка Харасан-2 и юго-восточного фланга месторождения Северный Харасан». Оценка воздействия на окружающую среду. Книга 4/ ТОО «ИВТ» АО НАК «Казатомпром». – Алматы, 2019. – 851 с.
3	Приказ и.о. Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 19 марта 2012 года № 25-02-02/110 «Об утверждении лесосеменного районирования» / Информационная система ПАРАГРАФ
4	Проект нормативов размещения отходов для ТОО «Байкен-У» (корректировка) / ТОО «КазЭкосистемс». – Кызылорда, 2016. – 136 с.
5	Экологический кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 г. № 212-III (с изменениями и дополнениями по состоянию на 15.01.2019 г.) / Изд.: ТОО «Издательство ЛЕМ». – Алматы, 2019. – Тираж 100 экз. – Заказ № 1. – 256 с.
6	Приказ Министра здравоохранения РК от 26.06.2019 г. № ҚР ДСМ-97 об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» / Информационная система ПАРАГРАФ
7	Корректировка проекта нормативов предельно-допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу для ТОО «Байкен-У» / ИП «ЭкоНур» – Кызылорда, 2016. – 273 с.
8	Корректировка проекта предельно-допустимых сбросов загрязняющих веществ для ТОО «Байкен-У» / ИП «ЭкоНур» – Кызылорда, 2016. – 42 с.
9	В.И. Кочетков, В.И. Белецкий, Г.Г. Перетятко. Исследование миграционных свойств загрязняющих компонентов продукционных растворов на примере месторождения Северный Карамурун / Некоторые вопросы охраны окружающей среды при ПВ. Сборник статей, ЦНИЛ АО «КГРК». – г. Карабалта, 1986 г. – С. 27-36.
10	Паспорт опасных отходов. Изгарь и остатки, содержащие металлы или металлические соединения / ТОО «Байкен-У». – 2017. – 2 с.
11	Программа управления отходами ТОО «Байкен-У» на 2018-2022 гг / ТОО «Байкен-У». – Кызылорда, 2018. – 30 с.
12	Манфред Хаген «Висмут». Программа экологической рекультивации. Современное состояние рекультивации на бывших производственных объектах уранодобывающего предприятия «Висмут» // Материалы м/н конференции АО «ВНИПИпромтехнологии» «Философия обращения с радиоактивными отходами: плюсы и минусы существующих технологий» // М. 2016. Из-во «Виннпресс». С. 98-103.
13	Отчет по результатам производственного экологического контроля ТОО «Байкен-У» за I кв. 2017 г / ТОО «Цитрин». – Кызылорда, 2017. – 27 с.

14	Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2017 год / Департамент экологического мониторинга РГП «Казгидромет» Министерства энергетики РК. – Астана, 2017. – 353 с.
15	Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2018 год / Департамент экологического мониторинга РГП «Казгидромет» Министерства энергетики РК. – Астана, 2018. – 409 с.
16	Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2019 год / Департамент экологического мониторинга РГП «Казгидромет» Министерства экологии, геологии и природных ресурсов РК. – Нур-Султан, 2019. – 376 с.
17	Особенности геологического строения и комплексная оценка воздействия на экосистему при разведке месторождения Северный Харасан (Республика Казахстан) / Выпускная квалификационная работа/ Национальный исследовательский Томский политехнический университет Министерства образования и науки Российской Федерации. – Томск, 2016. – 197 с.
18	Технический проект «Освоение участка Харасан-2 и юго-восточного фланга Северный Харасан. Книга 5. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проведении разведки и добычи / ТОО «Два Кей». – Алматы, 2011. – 145 с.
19	Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2017 г. / Министерство энергетики Республики Казахстан. – Астана, 2017. – 462 с.
20	Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан / Департамент экологического мониторинга РГП «Казгидромет» Министерства энергетики РК. - Вып. № 1 (27), 1 полугодие 2019 г. – Нур-Султан, 2019. – 332 с.
21	Красная книга Республики Казахстан / Издание III, 1999 г.
22	Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности (СП СЭТОРБ-2015) от 27 марта 2015 года № 261.
23	Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам» (СП СЭТ РОО) от 27 марта 2015 года № 260.
24	Иваненко Н.Б., Наволоцкий Д.В., Иваненко А.А., Соловьев Н.Д., Блаженникова И.В. Определение урана в моче методом масс-спектрометрии высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой.// Том 13, Токсикология. 2012. – Р. 871-880.
25	СТ РК ИСО 17294-1-2008 Качество воды. Применение масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Часть 1. Общее руководство
26	ASTM C1379-10 Standard Test Method for Analysis of Urine for Uranium 235 and Uranium-238 Isotopes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. Approved Jan. 1, 2010. Published February 2010. С. 1-5.
27	Методические указания МУК 4.1.1483-03 Методы контроля. Химические

	факторы. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой. РФ. 2003 г.
28	Регламент 2.6.1.05-2003. Дозиметрический контроль внутреннего облучения персонала предприятий ОАО «ТВЭЛ». Министерство Российской Федерации по атомной энергии. Федеральное управление медико-биологических и экстремальных проблем при министерстве здравоохранения Российской Федерации.
29	РМГ 61-2003 ГСОЕИ. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Приняты Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 23 от 22 мая 2003 г.). С13-23, 33-38.
30	СТ РК 2.10-2009 Смеси аттестованные. Порядок разработки, аттестации и применения. С. 1-12.
31	Экспериандова Л.П., Беликов К.Н., Химченко С.В., Бланк Т.А. Еще раз о пределах обнаружения и определения.// ЖАХ, 2010. т. 65. № 3. С. 229-234.
32	NUREC-0874. Internal Dosimetry Model for Applications to Bioassay at Uranium Mills. US Nuclear Regulatory Commission. 1986.
33	U.S. Nuclear Regulatory Commission (U.S. NRC). U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) Guide 8.22–Bioassay at uranium mills. Washington (DC): NRC; July 1978