ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ СТЕПНОГОРСКА

ENVIRONMENTAL STATE OF THE STEPNOGORSK INDUSTRIAL ZONE

УДК 504.75

Шоганбекова Дания Асыгатовна, доктор PhD, ассоциированный профессор Международная Образовательная Корпорация
E-mail: inerbayeva@bk.ru

Мусаев Зангар Магауияулы, магистрант
Международная Образовательная Корпорация
E-mail: musaev.zangar@mail.ru

Shoganbekova Daniya Asygatovna,
Doctor PhD, Associate Professor International Educational Corporation
E-mail: inerbayeva@bk.ru

Musaev Zangar Magauiyauly,
Master's student International Educational Corporation
E-mail: musaev.zangar@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается основное влияние на окружающую среду трех карт хвостохранилищ Степногорского Гидрометаллургического завода. Также какие последствия ведут за собой эксплуатация хвостохранилищ и какое воздействие оказывает на атмосферный воздух – загрязнение пылью поверхности пляжей, содержащие радионуклиды и загрязняющие вещества.

Annotation

The article considers the main environmental impact of three maps of the tailing dumps of the Stepnogorsk Hydrometallurgical Plant. Also, what are the consequences of the operation of tailing dumps and what impact does it have on the atmospheric air – dust pollution of the surface of plazas containing radionuclides and pollutants.

Ключевые слова: экология, окружающая среда, радиация

Key words: ecology, environment, radiation

Уранодобывающие предприятия имеют особенности, связанные с обеспечением радиационной безопасности, поскольку в процессе добычи и переработки урановых руд в окружающую среду поступает значительное количество радионуклидов.

Уровень радиоактивности поступающих в окружающую среду отходов различен для разных рудников (месторождений) и зависит от исходного содержания урана в руде и активности геохимических процессов, протекавших на месторождении до его разработки, в основном природного выщелачивания, обусловливающего образование различных соотношений урана с продуктами его распада.

При добыче руд с содержанием урана 0,1% для получения 1 т оксида урана $и_3 0_8$ необходимо извлечь из недр примерно 1000 т руды. Основными видами производственных отходов являются хвосты переработки урановых руд. Хвосты переработки руд гидротранспортом транспортируются на хвостохранилища, на которых производится их складирование. Одной из главных задач обеспечения радиоактивной безопасности является захоронение радиоактивных отходов, которое позволяет значительно улучшить радиационную обстановку в районе расположения хвостохранилища, обусловленную выносом радионуклидов с его поверхности. Радиоактивное загрязнение окружающей среды порождает множество проблем: экологические, медико-биологические, социально-экономичекие и др. Решение большинства из них зависит от правильной оценки радиационного воздействия на компоненты окружающей среды и, соответственно, на человека.

Радиация в больших дозах приводит к поражению живой клетки, тканей, в малых - вызывает раковые явления и способствует генетическим изменениям.

В связи с вышеизложенным, проблема снижения радиоактивности на предприятиях урановой промышленности является актуальной.

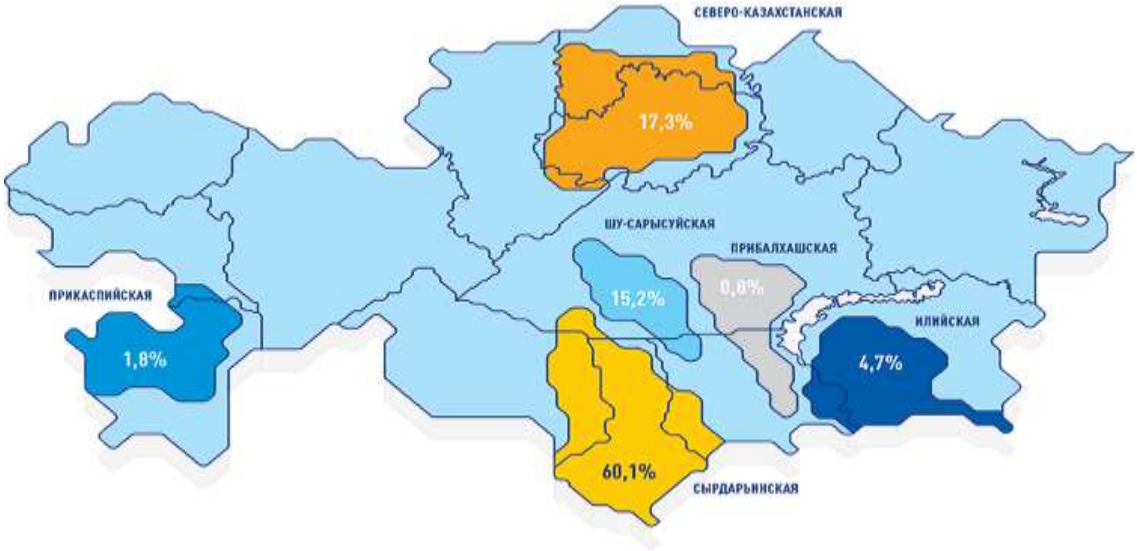


Рисунок 1 - Казахстанские урановые провинции с указанием распределения запасов урана.

Крупные хранилища радиоактивных отходов находятся на территории Западного и Северного Казахстана, распределение радиоактивных отходов в регионах РК показано на рисунке 1.

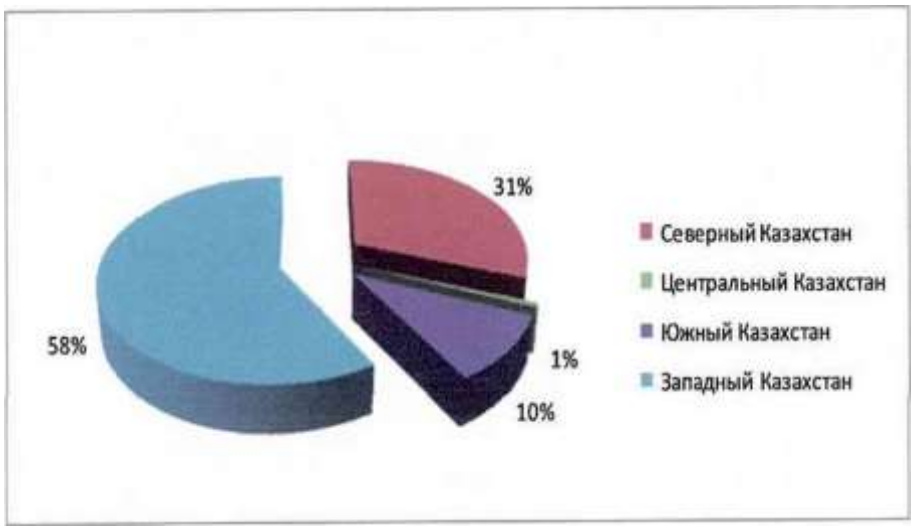


Рисунок 2 - Распределение радиоактивных отходов по регионам Республики Казахстан.

Рост и накопление не утилизируемых отходов производства и потребления ведут к увеличению загрязнения природных и антропогенных комплексов, способствуют снижению качества среды обитания и разрушению ландшафтов. Особым видом являются радиоактивные отходы (РАО), обезвреживание которых требует длительной изоляции от биосферы путем хранения до полной дезактивации в течение времени равного 20 периодам полураспада составляющих радионуклидов.

Уран (U) является радиоактивным химическим элементом III группы периодической системы с атомным номером 92, атомной массой 238,0289, относится к семейству актиноидов, и представляет собой серебристо-белый

металл с плотностью от 18,7 до 19,12 г/см^, t пл.1135°С. Уран хорошо растворим в воде, легко вступает в реакции с основными элементами органических соединений.

В Северо-Казахстанской области расположены месторождения Камышовое, Семизбай, Викторовское и Грачевское.

Актуальной проблемой для этого региона остаются радиоактивные отходы возле промышленных зон рудоуправлений ЦГХК, которые занимают огромные участки территории. Отходы переработки горных пород (хвосты), содержатся в огромных промышленных котловинах - озёрах хвостохранилищах. В каждом литре желеобразной «пульпы», помимо карбонатов мышьяка, молибдена, фосфора и других химических элементов содержится до 1 г активного урана, а также радия и тория.



Рисунок 3 - Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ

Город Степногорск расположен в северо-восточной части Акмолинской области, на территории Аккольского района и представляет собой самостоятельную административную единицу областного подчинения.

Областной центр Акмолинской области г. Кокшетау, расположен на расстоянии 185 км в северо-западном направлении.

Столица Республики Казахстан - г. Астана - удалена от г. Степногорска в юго-западном направлении на расстояние около 120 км.

Ближайшими населенными пунктами являются села Карабулак, Ивановское, Богембай, Мирный, Советское, Политехник, Кудабас, Черняховское и Баскудук, расстояние до которых составляет от 7 до 25 км. Железнодорожная станция Аксу, на железнодорожной ветке Ерментау - Айсары, находится в 10 км от г. Степногорска. Железнодорожная

магистраль, связывающая г. Астана с городами Северного Казахстана и Российской Федерации, проходит в 90 км западнее г. Степногорска. Обзорная карта приведена на рисунке 4.

Через станцию Аксу осуществляется связь г. Степногорска с другими регионами страны: завозятся сырье и реагенты для работы заводов, вывозится произведенная предприятиями города продукция.

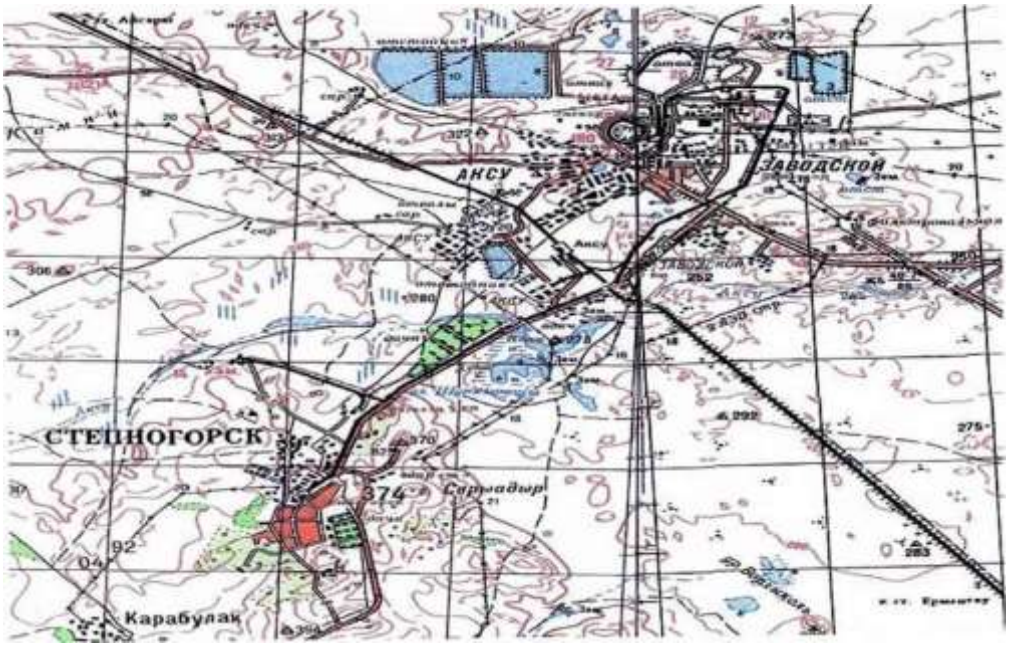


Рисунок 4 - Обзорная карта местности г. Степногорск

В Аккольском районе Акмолинской области находится одно из урано-перерабатывающих предприятий - Степногорский горно-химический комбинат, предшественником которого был АООТ Целинный горно-химический комбинат, который добывал и перерабатывал комплексные уранмолибденовые и уранфосфорные руды на севере казахстанских урановых месторождений. В процессе гидрометаллургической переработки урановых руд из исходного сырья извлекались полезные компоненты в количестве 2 % от общей массы. Остальные 98 % приходились на отходы производства, содержащие радиоактивные элементы ряда урана - 238 (ионий, радий и другие).

Гидрометаллургический завод (ГМЗ) является структурным подразделением ТОО «СГХК». Предприятие расположено в промышленной зоне города Степногорска, в 20 км севернее города и в 5 км восточнее поселков Аксу и Заводской.

На одной площадке с ГМЗ расположены промышленные объекты города, отстоящие от границы предприятия на расстояние:

- ТЭЦ и пиковая котельная - 0,3 км на юг;
- сернокислотный цех - 1,4 км на юго-восток;
- золоотвалы ТЭЦ - 0,65 км на север;

- породные отвалы и участок кучного выщелачивания ГМЗ - 0,35 км на северо-запад;

- хвостохранилище ГМЗ - 4 км на запад;

- объекты промышленности - СПЗ, ПО «Прогресс», РМЗ, рудник Аксу и другие - от 1,5 до 7 км в западном, южном и юго-западном направлениях.

Ближайшая жилая зона (поселки Аксу и Заводской) удалена от площадки ГМЗ на расстояние 3,4 км в юго-западном направлении. В других направлениях жилых зон нет. На удалении около 10 км в юго-западном направлении размещаются городские коллективные сады (дачные участки).

На расстоянии около 9 км к югу протекает река Аксу со средней продолжительностью стока 30-40 дней в год и годовым стоком 7550 тыс. м3. В окрестностях города имеются мелкие соленые озера. Район примыкает к Кокшетауской возвышенности и сравнительно обеспечен подземными водами, обычно пресными, с глубиной залегания от 20-50 до 100-150 м.

В районе расположения ГМЗ рекреационные объекты и объекты с повышенными требованиями к санитарному состоянию атмосферного воздуха отсутствуют.

В состав ГМЗ входят: отделение рудопод готовки; здание экстракции; участок кучного выщелачивания; хвостовое хозяйство (рисунок 5).

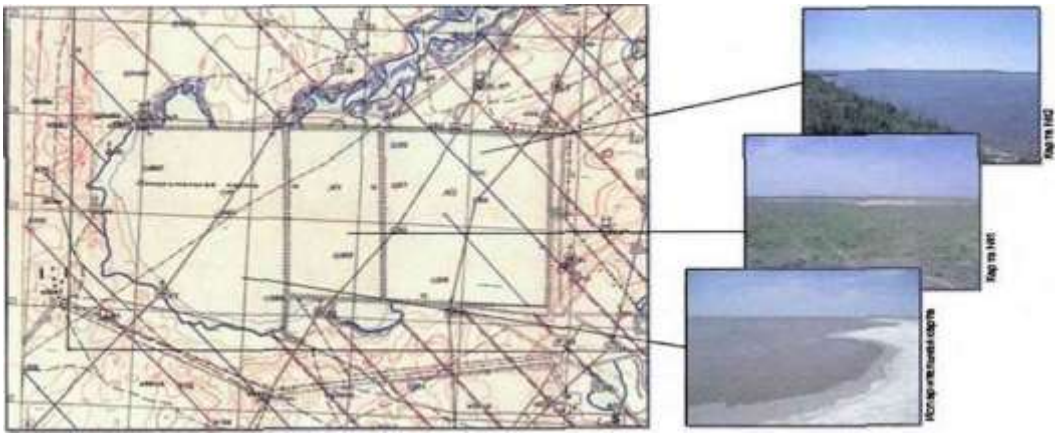


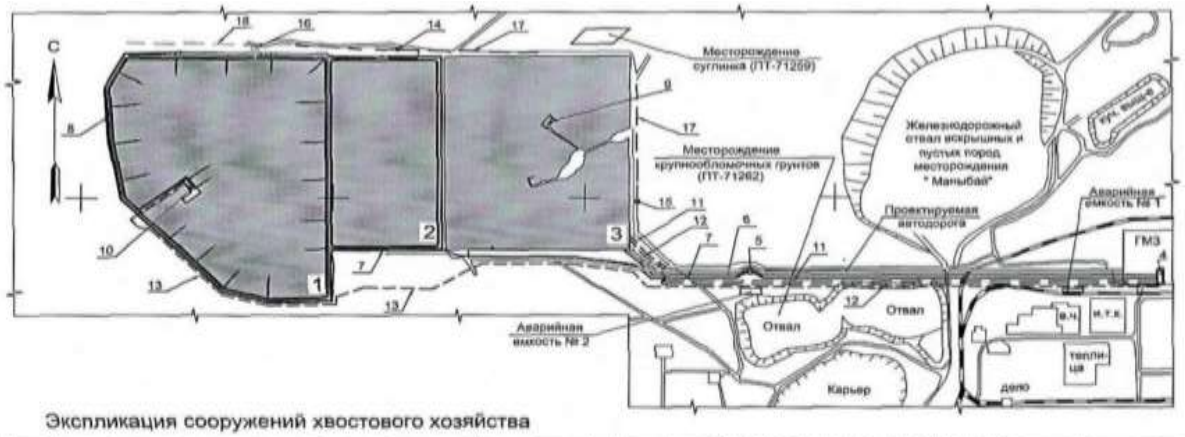
Рисунок 5 - Характеристика хвостохранилища

На Степногорском ГМЗ перерабатываются урановые и медно-молибденовые руды. Основными видами производственных отходов являются хвосты переработки этих руд. Хвосты переработки руд гидротранспортом транспортируются на хвостохранилище, на котором производится их складирование. В таблице 4 приведены режим работы ГМЗ и характеристики хвостовых материалов.

Хвосты обогащения урановых руд из-за содержания в них радионуклидов относятся к I классу опасности.

В настоящее время хвостовое хозяйство ТОО «СГХК» представляет собой комплекс сооружений, предназначенный для транспортировки и складирования отходов переработки урановых и молибденовых руд гидравлическим способом. На сегодняшний момент действующие на заводе раздельные технологические цепочки переработки урановых и молибденовых

руд объединяются на заключительном этапе технологического процесса - транспортировке и складировании отходов. Пульпа с завода в хвостохранилища поступает смешанной по одному магистральному пульповоду.



Экспликация сооружений хвостового хозяйства

№ № п/п	Наименование зданий и сооружений	Примечание
	Хвостохранилище ГМЗ СГХК	
1	Испарительная карта	реконстр.
2	Карта №1	сущест.
3	Карта №2	сущест.
	Система гидротранспорта	
4	Головная пульпонасосная станция (ГНС)	реконстр.
5	Промежуточная пульпонасосная станция (ПНС)	реконстр.
6	Магистральный пульповод хвостов переработки урановых руд	проектир.
7	Магистральный пульповод хвостов переработки молибденовых руд	проектир.
8	Распределительный пульповод испарительной карты	проектир.

	Система оборотного водоснабжения	
9	Плавучая насосная стянция оборотного водоснабжении	существующ.
10	Насосная станция оборотного водоснабжения	проектир.
11	Водовод маточников сорбции	проектир.
12	Водовод оборотного водоснабжения карты 2	выделяется отдельным проектом
13	Водовод оборотного водоснабжения испарительной карты	проектир.
	Дренажная система	
14	Дренажная насосная станция ДНС-1	существующ.
15	Дренажная насосная станция ДНС-3	существующ.
16	Дренажная насосная станция	проектир.
17	Горизонтальный дренаж	существующ.
18	Открытый дренаж	проектир.

Рисунок 6 - Схема хвостового хозяйства Степногорского горно-химического комбината

При эксплуатации хвостохранилища оказывается воздействие на следующие компоненты окружающей среды:

- атмосферный воздух - загрязнение пылью с поверхности пляжей, содержащей радионуклиды и другие загрязняющие вещества; загрязнение атмосферного воздуха радоном и его дочерними продуктами распада;
- загрязнение поверхностных и подземных вод;
- загрязнение почв пылью хвостовых отложений, содержащих радионуклиды и другие загрязняющие веществ.

Пыль, выбрасываемая с поверхности пляжей хвостохранилища, имеет сложный состав и включает следующие компоненты;

- пыль неорганическую с содержанием 810г менее 20%;
- оксиды алюминия (глинозем);
- оксиды железа;
- недифференцированную по составу пыль (взвешенные вещества).

Выделение пыли с поверхности хвостохранилища и выбросы ее в атмосферу по данным тома нормативов ПДВ составляет 3,65 г/с. Годовые выбросы пыли составляют 67,325 т/год.

Вместе с пылью происходит выброс в атмосферу урана, содержащегося в хвостах уранового производства, и других загрязняющих веществ. При

среднем содержании урана в хвостах - 70 г/т (таблица 5), выбросы урана в атмосферу составляют 0,00026 г/с, или 0,0047 т/год.

Помимо пыли хвостового материала основным источником поступления радионуклидов в атмосферный воздух со стороны хвостохранилища является эксхаляция радона с его поверхности. Проведенными натурными исследованиями (Шарипов, 2006) установлено, что дебет радона с поверхности хвостохранилища составляет 1,78 кБк/с.

При скорости ветра более 5 м/с в районе северной границы хвостохранилища отмечались значительные превышения концентрации пыли, содержащей радионуклиды, в первую очередь радон и дочерние продукты его распада, в том числе долгоживущие альфа-излучатели (ДЖАИ). При этом на границе СЗЗ хвостохранилища концентрация радионуклидов была близка к норме.

Таблица 1 - Результаты определений концентраций пыли и ДЖАИ в атмосферном воздухе.

Вещества	Содержание, %		
	урановые хвосты	медно-молибденовые хвосты	
Кремнезем	40,7	20,2	
Гипс	23,1	-	
Карбонаты	14,4	64,8	
Глинозем	12,5	5,0	
Окислы железа	6,9	3,9	
Сера	1,0	2,37	
Пятиокись фосфора	1,4	-	
Уран	0,007	-	
Молибден	0,005	0,005	

Основной деятельностью гидрометаллургического завода (ГМЗ) является переработка урановых руд с выпуском закиси - окиси урана. В процессе гидрометаллургической переработки урановых руд из исходного сырья извлекают полезные компоненты в количестве 0,2 % от общей массы, 99,8 % приходится на отходы, содержащие радиоактивные элементы. Предприятия такого рода являются источниками комплексного загрязнения окружающей среды радиоэлементами уранового ряда и различными нерадиоактивными токсическими веществами, применяемыми в технологическом процессе.

Образующиеся в ходе технологического процесса хвосты состоят из твёрдой и жидкой фракции. Производственные сточные воды отводятся в хвостохранилище, которое является основным сооружением хвостового хозяйства предприятия. По своему типу хвостохранилище относится к равнинному наливному и имеет общую площадь 732 гектара. В нём накоплено более 49450 тысяч тонн радиоактивных отходов.

В его состав входят:

Карта №1 была в эксплуатации с 1968 по 1976 год. Площадь 162 га. Проектный объем 16,2 млн.м^. Общая масса накопленных отходов 16550 тыс.тонн заполнена до проектного объема и выведена из эксплуатации.

Испарительная карта. Год ввода в эксплуатацию - 1976. Площадь - 303 га. Проектный объем - 15,0 млн.м^. Остаточный объем — 4,5 млн.м^. Количество накопленных отходов - 12,29 тыс.тонн. На данный период испарительная карта не эксплуатируется. Карта покрыта водой на 60% площади.

Карта №2 находится в эксплуатации ТОО «СГХК». Площадь 270 га. Год ввода в эксплуатацию 1982. Проектный объем 25,4 млн.м^. Количество накопленных отходов 16325,38 тыс. тонн. Остаточный объем 11,45 млн.м^. Карта залита водой.

На всей площади карты № 2 устроен противофильтрационный экран из полиэтиленовой пленки толщиной 0,2 мм, стабилизированной капельной газовой сажей в количестве 2%.

Для перехвата профильтровавшихся под дамбу вод сооружена система защитного дренажа, включающая две дренажные насосные станции, закрытый дренаж из керамических труб протяженностью 5850 м для отбора и перепуска к насосным станциям дренажных вод с северной стороны карт и восточной стороны карты №2.

Для предотвращения загрязнения подземных вод и прилегающей к хвостохранилишу территории фильтрационными водами при сооружении всех ограждающих каменно - набросных дамб устроен противофильтрационный экран из глины и суглинка.

Из проведённых измерений следует, что распределение МЭД у-излучений неравномерно и повышено в северном и северо восточном направлениях.

В ближайших к хвостохранилищу поселках Заводской и Аксу МЭД не превышает фоновых значений, поэтому эффективная доза облучения населения (В1), обусловленная внешним гамма-излучением, равна нулю.

Также были проведены разведочные гамма-съемки территории населенных пунктов, прилегающих к промышленным объектам СГХК: пп. Аксу, Заводской, Кварциткатка, Карабулак, Ивановский, Кенес, Шортанды, Дамса, Елизаветинка. Измерения проводились внутри посёлков и по их периметрам. Данные исследований представлены в таблице.

Таблица 2 - Результаты гамма-съёмки населенных пунктов, прилегающих к промышленным объектам СГХК, 2010-2011 г.г.

Посёлок	МЭД у - излучения, мкЗв/ч		
	Min	max	средняя
Допустимый уровень по Республике Казахстан	0,3		
Кварцитка	0,09	0,32	0,205
Карабулак	0,14	0,40	0,27
Ивановский	0,11	0,34	0,225

Кенес	0,10	0,16	0,13
Шортанды	0,13	0,28	0,205
Дамса	0,13	0,27	0,2
Елизаветинка	0,12	0,24	0,18
Аксу	0,08	0,86	0,47
Заводской	0,09	1,5	0,795
г. Степногорск	0,18	9,89	5,035

Результаты показывают, что в среднем уровень загрязнения находится в допустимых пределах. Исключения составляют аномальные участки в п.п. Аксу и Заводской и участок с северной стороны г. Степногорска, где МЭД у - излучения составила 9,89 мкЗв/ч, что почти в 30 раз выше допустимого уровня в Республике Казахстан.

В ходе проведённых радиоэкологических исследований территорий, прилегающих к хвостохранилищу, и других промышленных объектов Степногорского горно-химического комбината, а также рабочих посёлков, выявлен ряд локальных радиоактивно-загрязнённых участков, где уровни гамма-излучения превышают допустимые значения; пос. Аксу - 0,86 мкЗв/ч , пос. Заводской - 1,5 мкЗв/ч, аномальные участки в г.Степногорск - 9,89 мкЗв/ч. Радиоактивно-аномальные)шастки носят пятнистый характер, обусловлены выбросами и отходами ураноперерабатывающего предприятия. Загрязнение выбросами и отходами промышленных предприятий является одним из основных факторов, приводящих к ухудшению состояния объектов окружающей среды. Основная причина радиоактивного загрязнения прилегающей к хвостохранилищу территории - сдувание мелкодисперсного материала с поверхности ограждающих дамб и последующий адвектив ный перенос этой радиоактивной пыли по поверхности земли.

Неотъемлемой частью технологической цепочки при переработке урановых руд является хвостовое хозяйство, предназначенное для организационного удаления и длительного хранения хвостов.

Вокруг хвостохранилища имеются до 170 режимно—наблюдательных скважин для комплексного наблюдения влияния хвостохранилища на подземные воды. Сточные воды сбрасываются с промышленной площадки в русло реки Аксу, после предварительной комплексной биологической очистки на санитарных очистных сооружениях. В каждом литре желеобразной «пульпы», помимо карбонатов, мышьяка, молибдена, фосфора и других химических элементов содержится до 1г активного урана, а также радия и тория.

На территории установлена система перехвата дренажных вод с хвостохранилища, которая временно предотвращает дальнейшее распространение отходов.

Химический состав прудковой воды во многом определен химическим составом перерабатываемых руд и растворимостью слагающих их веществ.

Исследованиями установлено, что основными загрязнителями, которые оказывают воздействие на поверхностные и подземные воды, являются

мышьяк, молибден, уран и радий. Содержание этих загрязняющих веществ в прудковой воде хвостохранилища приведено в таблице.

Таблица 3 - Содержание загрязняющих веществ в прудковой воде хвостохранилища.

Вещества	ПДК	Карта 1	Карта 2	Испарительная карта
Уран (мг/л)	0,25	0,04-0,06	0,04-0,06	0,05-0,10
Радий (Бк/л)	0,5	0,59-1,70	1,11-2,92	0,67-0,74
Молибден (мг/л)	0,25	29,0-44,5	45,5-51,0	58,5-69,3
Мышьяк (мг/л)	0,05	8,6-13,0	16,2-18,4	32,4-49,2

Данные таблицы показывают, что основными загрязняющими веществами являются радий, молибден и мышьяк, фактическое содержание которых превышает ПДК в десятки раз.

Часть осветленной воды из прудка карты №2 плавучей насосной станцией оборотного водоснабжения перекачивают в ГНС, для разбавления пульпы и ее гидротранспорта, а часть перекачивают в испарительную карту.

Площадь прудка на испарительной карте составляет 170,7 га. Химический состав воды в прудке испарительной карты идентичен химическому составу воды прудка карты №2.

На карте №1 хвостохранилища также существует прудок, но так как сброс пульпы на карту прекращен, то его площадь постепенно сокращается и подпитывается только за счет поступления атмосферных осадков. Площадь прудка карты №1 составляет 25 га.

Мощность дозы гамма-излучения в хранилищах радиоактивных отходов значительно превышает нормативные значения радиационного фона. В ближайших к хвостохранилишу населённых пунктах мощность дозы гаммаизлучения находится в пределах фоновых значений 0,3 мкЗв/ч. Исключение составляют аномальные участки в п.п. Аксу и Заводской и участок с северной стороны г. Степногорска, где МЭД у - излучения выше средних значений по Республике Казахстан.

Заключение

Обводненная поверхность самой большой по площади карты (Испарительной) с 1998 по 2017 годы сократилась на 20%. Испарительная карта была выведена из эксплуатации в 1990 году. За весь период наблюдения прослеживается снижение площади хвостов.

Карта №1 была в эксплуатации вперио‌д с 1968 по 1976 год. Данные космических снимков не позволяют увидеть состояние и занимаемую площадь хвостов на этот период. По состоянию на 1998 год обводненная площадь занимала 0,5 км^2. К 2002 году площадь сократилась на 60%. Но в отличие от Испарительной, у карты № 1 после 2002 года видна тенденция увеличения площади хвостов, и на 2020г. увеличение составило более 50%.

Примечательно, что для карты № 2 характерна абсолютно идентичная ситуация. Сначала сокращение площади с 1998 по 2006 гг., а затем рост обводненной территории. Этому есть объяснение: Сниженные объемы переработки руды приводят к появлению опасности осушения водной части, а значит в последствии развитию осушенных пляжей и их пыления. Чтобы этого избежать ТОО СГХК в 2008 году начал проект рекультивации Карты № 1 методом гидронамыва. А увеличение площади водной поверхности у карты № 2 объясняется тем, что в 2016 году на ГМЗ начали переработку руды медно-молибденового месторождения в п.Кызылту. Грубо говоря, начался период, когда производство работает не ради товара и получения прибыли, а ради хвостов. Ради того, чтобы пылящие отходы не нанесли экологический ущерб прилегающим ландшафтам и здоровью людей.

Литература

1. Экологическая обстановка Северо-Казахстанской области// Информационный экологический бюллетень. — Алматы: Издание Министерства экологи и природных ресурсов, 1998. -№1. -С.10.
2. Шарипов С.М., Сейсебаев А.Т., Шартыхбаев М.Ж. Проект нормативов предельно-допустимых выбросов радионуклидов ГМЗ Степногорского горно-химического комбината. - Астана, 2005. - С. 8-32
3. Шартыхбаев М.Ж, Шарипов С.М, Касым Ш.Ж, Погорелов В.Ф. Аспекты радиационной безопасности на ураново-рудных предприятиях Северного Казахстана. - Кокшетау, 2006. - С.9-24.
4. Шарипов С.М., Шартыхбаев М.Ж., Обеспечение радиационной безопасности промышленных предприятий северного региона Казахстана. - Павлодар, 2006. - С. 25-42
5. Цыб А.Ф. Вокруг Семипалатинского полигона: Радиоэкологическая обстановка, дозы облучения населения в Семипалатинской области / А.Ф. Цыб, В.Ф. Степаненко, В.А. Питкевич, // Медицынская радиология. - 1990. - № 12,-С. 3-11.
6. Степногорский горнохимический комбинат. Проект рекультивации испарительной карты хвостохранилища ГМЗ методом гидронамыва нерадиоактивных отходов медно-молибденового производства. Этап 4. Радиационные обследования хвостохранилища. Разработка рекомендаций по радиационной безопасности (арх.№ ПТ-71208). Ташкент, фонды O'zGEOTEXLITI, 2007 г.

Literature

1. The ecological situation of the North Kazakhstan region // Informational ecological bulletin. - Almaty: Edition of the Ministry of Ecology and Natural Resources, 1998. -№1. -C.10.

2. Sharipov S.M., Seisebaev A.T., Shatykhbaev M.Zh. Draft standards for maximum permissible emissions of radionuclides from the GMZ of the Stepnogorsk Mining and Chemical Combine. - Astana, 2005 .-- S. 8-32
3. Shartykhbaev M.Zh, Sharipov S.M., Kasym Sh.Zh., Pogorelov V.F. Aspects of radiation safety at uranium ore enterprises in Northern Kazakhstan. - Kokshetau, 2006 .-- P.9-24.
4. Sharipov S.M., Shatykhbaev M.Zh., Ensuring radiation safety of industrial enterprises in the northern region of Kazakhstan. - Pavlodar, 2006 .-- S. 25-42
5. Tsyb A.F. Around the Semipalatinsk test site: Radioecological situation, radiation doses of the population in the Semipalatinsk region / A.F. Tsyb, V.F. Stepanenko, V.A. Pitkevich, // Medical Radiology. - 1990. - No. 12, -S. 3-11.
6. Stepnogorsk Mining and Chemical Combine. The project of reclamation of the evaporation map of the GMZ tailing dump by the method of hydraulic flooding of non-radioactive waste of copper-molybdenum production. Stage 7. Radiation surveys of the tailing dump. Development of recommendations for radiation safety (arch. No. PT-71208). Tashkent, O'zGEOTEXLITI funds, 2007