

УДК 622.349.5

Сорока Ю. Н., канд. техн. наук
(Государственное ВУЗ «ДГТУ»)

**СТРАТЕГИЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО
УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО «ПРИДНЕПРОВСКИЙ
ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»**

Сорока Ю.М., канд. техн. наук
(Державний ВНЗ «ДДТУ»)

**СТРАТЕГІЯ РЕАБІЛІТАЦІЇ ТЕРИТОРІЇ КОЛИШНЬОГО УРАНОВОГО
ВИРОБНИЦТВА ВО «ПРИДНІПРОВСЬКИЙ ХІМІЧНИЙ ЗАВОД»**

Soroka Yu.N., Ph.D. (Tech.)
(State HEI "DSTU")

**THE STRATEGY OF REHABILITATION OF THE TERRITORY OF THE
FORMER URANIUM-PRODUCED FACTORY «THE PRIDNEPROVSKY
CHEMICAL PLANT»**

Аннотация. Целью исследований была разработка стратегии реабилитации территории бывшего уранового производства ПО «Приднепровский химический завод».

Рассмотрена радиационная обстановка на территории бывшего уранового производства ПО «Приднепровский химический завод» и его хвостохранилищ. Рассмотрен уровень безопасности каждого из существующих хвостохранилищ в настоящее время и на перспективу.

Сформулированы основные стратегические цели реабилитации и развития промышленной площадки бывшего ПО "ПХЗ" и предложено операционные цели для их реализации. Выполнен *SWOT* – анализ промышленной площадки бывшего ПО «ПХЗ», который позволил выявить сильные и слабые стороны, определить возможности и угрозы использования и развития рассматриваемой территории.

Ключевые слова: стратегия, реабилитация, промышленная площадка, операционные цели, стратегические цели, *SWOT* – анализ.

Введение. Бывшее предприятие ПО «Приднепровский химический завод» (ПО «ПХЗ») было одним из самых мощных производств по переработке уранового сырья бывшего СССР. В течение периода с 1949 г. по 1991 г. на ПО «ПХЗ» проводили переработку урановых руд для производства уранового концентрата обычно в форме закиси-окиси урана (U_3O_8). Руду доставляли из Украины, стран Восточной Европы и Центральной Азии.

На предприятии обрабатывали технологии кислотного и содового выщелачивания, а также различные методы гидрометаллургии урана. Для каждого этапа производства урана подготавливали различные производственные помещения или здания, которые были интегрированы в единый сложный производственный комплекс.

Кроме производства урановых концентратов на объектах бывшего ПО «ПХЗ» также осуществляли переработку циркониевых руд, производство

гафния, ионообменных смол, минеральных удобрений и многих других сопутствующих компонентов.

В процессе производства хвосты переработки урановых руд и отходы производства накапливались на промплощадке предприятия и прилегающих территориях в урановых хвостохранилищах. В настоящее время здесь расположено 5 хвостохранилищ переработки урановых руд, а также несколько хранилищ отходов производственной деятельности, содержащих радиоактивные материалы природного происхождения. В них накоплено около 42 млн. т радиоактивно загрязненных природными радионуклидами отходов.

В 1992 г. было прекращено производство уранового концентрата на ПО «ПХЗ». Это привело к остановке уранового комплекса предприятия, который не был выведен из эксплуатации в соответствии с действующими в то время нормативными документами [1]. Следствием этого стало разрушение защитных барьеров и распространение загрязненных природными радионуклидами материалов и пыли в окружающей среде. Это в течение последних двадцати лет привело к формированию зон с повышенными и высокими уровнями внешнего гамма - облучения на территории площадки. Такие территории могут быть источниками формирования рисков радиационного облучения персонала и населения на прилегающих участках города.

Радиационная обстановка на площадке. Анализ современной радиационной обстановки на площадке бывшего ПО «ПХЗ» позволяет разделить её по признакам радиационного загрязнения на северный и южный сектора. В северном секторе уровни загрязнения территории незначительны и позволяют осуществлять производственную деятельность предприятий практически без ограничений. На трети площади южного сектора наблюдаются повышенные уровни мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма излучения от 0,4 до 30 мкЗв·ч⁻¹ [2-3]. Для г. Каменское фоновые уровни внешнего гамма излучения на территориях города составляют 0,1-0,2 мкЗв·ч⁻¹. Уровни МЭД гамма излучения, которые рекомендуются для достижения необходимой очистки для территории площадки бывшего ПО «ПХЗ», не должны быть выше 0,2 мкЗв·ч⁻¹ сверх естественного фона [1]. Этот норматив для площадки, где будут в дальнейшем выполняться промышленные работы, может быть повышен до 0,5 мкЗв·ч⁻¹.

Участки с повышенными уровнями МЭД гамма излучения характеризуются повышенным содержанием урана и его дочерних продуктов в почвах. На отдельных участках площадки выявлено накопление остатков производства с высоким содержанием тория-230 и радия-226 в виде комплексов очистки урановых концентратов на ионообменных материалах.

Основные технологические отходы уранового производства на площадке сосредоточены в хвостохранилищах и некоторых зданиях бывшего уранового производства. В трех хвостохранилищах, расположенных в южном секторе площадки («Западное», «Центральный Яр» и «Юго-Восточное»), сосредоточено несколько сотен тысяч м³ отходов. Хвостохранилища «Юго-Восточное» и «Западное» имеют рекультивационное покрытие, выполненное в соответствии с разработанными современными проектами. Хвостохранилище «Центральный

Яр» имеет грунтовое покрытие, выполненное более тридцати лет назад, которое частично разрушено и не соответствует стандартам защиты окружающей среды [4-8].

Хвостохранилище «Днепровское» имеет покрытие слоем фосфогипса, что в настоящее время в достаточной мере сдерживает поступление природных радионуклидов в окружающую среду. В будущем он не может играть роль эффективного защитного барьера.

Хвостохранилище «Сухачевское» (секция-1) не имеет эффективного защитного покрытия и является крупнейшим потенциальным источником загрязнения природной среды как за счет разноса радиоактивной пыли, так и за счет загрязнения подземных вод. Проведенные расчеты с помощью математического моделирования показали, что распространение радиоактивно загрязненных подземных вод от всех хвостохранилищ является медленным процессом (от 3 до 10 м в год) и они являются фактором длительных рисков, в настоящее время не требующих немедленного вмешательства. Наиболее актуальным в настоящее время является необходимость осуществить ремонтные работы на хвостохранилищах, дамбы которых местами находятся в аварийном состоянии.

Важным радиационно-опасным объектом является территория хранилища «База С», которая имеет размеры в плане 750х475 м и включает:

- 5 открытых железобетонных бункеров общей площадью 8,4 га в юго-восточной части хранилища, которые использовались для хранения урановой руды;

- открытую площадку площадью 6,0 га в юго-западной части хранилища, которая использовалась для хранения урановой руды;

- хранилище «ДП-6» в северной части территории хранилища «База С».

Основными сооружениями на территории «База С» являются бункеры и открытые площадки для хранения руды и железнодорожные подъездные пути к ним. Бункеры представляют собой бетонные емкости, обвалованные грунтовыми дамбами высотой 2,5-4,5 м. В северо-западной части территории «База С» находится закрытое хранилище остатков доменной печи «ДП-6», размещенное в заглубленной на 2-2,5 м траншее, размером 215х28 м.

Территория «База С» подвергнута радиоактивному загрязнению, основным источником которого являлось ранее складированная урановая руда, а в настоящее время являются ее сохранившиеся остатки.

В хранилище «База С» находится 40 тыс. тонн (15 тыс. м³) демонтированных на ДМК крупнообломочных строительных конструкций, радиоактивного металлолома и футеровки доменной печи № 6, общей активностью $1,3 \cdot 10^{12}$ Бк. Хранилище перекрыто суглинком (толщина ~ 1 м) и черноземом (~ 0,5 м).

Анализ результатов измерений радиационных параметров показывает, что показатели на территории хранилища «База С» изменяются в диапазоне:

- объемная активность (ОА) Rn-222 – 80 -386 Бк/м³ при среднем значении 171,5 Бк/м³;

- эксхалация Rn-222 – 0,05– 29,5 Бк·м⁻²с⁻¹ при среднем значении 2,9 Бк·м⁻²с⁻¹.

Анализ состояния радиоактивного загрязнения основных производственных цехов бывшего уранового производства показал, что в таких зданиях, как №103, №104, № 2Б, №6, №95 и ряде других накоплены значительные объемы радиоактивных материалов. Они в основном сосредоточены в аппаратах, емкостях и фрагментах оборудования бывшего производства и являются источниками радиационного загрязнения. Мощность эквивалентной дозы гамма - излучения в непосредственной близости к аппаратам и загрязненным помещениям может составлять от $10 \text{ мкЗв}\cdot\text{ч}^{-1}$ до $100 \text{ мкЗв}\cdot\text{ч}^{-1}$ и более. Это в настоящее время является одним из основных радиационных рисков на площадке, так как в случае разрушения зданий они могут стать источниками существенного ветрового разноса радиоактивной пыли на территории промплощадки. В помещениях могут наблюдаться также высокие объемные концентрации радона-222 и опасных долгоживущих природных радионуклидов, что обуславливает высокие риски ингаляционного облучения. Кроме того, на площадке сосредоточено значительное количество токсичных веществ и химических отходов бывшего производства, которые также нуждаются в безопасной утилизации.

Стратегия реабилитационных мероприятий на территории бывшего ПО «Приднепровский химический завод» включает дезактивацию металлических и строительных конструкций, рекультивацию загрязненных территорий и хвостохранилищ [9]. Основные объекты и направления их реабилитации приведены на рис. 1.



Рисунок 1 - Основные объекты и направления реабилитации на ПО «ПХЗ»

Промышленная площадка бывшего ПО «ПХЗ» обладает развитой инфраструктурой и привлекательна для развития новых инвестиционных проектов. В связи с этим можно сформулировать основные стратегические цели реабилитации и развития промышленной площадки бывшего ПО "ПХЗ". К ним относятся:

Стратегическая цель 1: Реабилитация промышленной площадки.

Стратегическая цель 2: Инновационное развитие промышленной площадки.

Стратегическая цель 3: Экологическая безопасность.

Для выполнения стратегической цели 1 необходима реализация следующих операционных целей:

Операционная цель 1.1. Обеспечение рекультивации хвостохранилищ.

Операционная цель 1.2. Совершенствование системы регулирующих критериев по радиационному и химическому загрязнению.

Операционная цель 1.3. Рекультивация радиационно-загрязненных территорий.

Операционная цель 1.4. Обеспечение дезактивации зданий и строительных конструкций.

Операционная цель 1.5. Обеспечение радиационного контроля.

Операционная цель 1.6. Содействие развитию международного сотрудничества по реабилитации промышленной площадки ПО «ПХЗ».

Решение этой стратегической цели 1 позволит решать и следующую стратегическую цель.

Стратегическая цель 2, связанная с инновационным развитием промышленной площадки бывшего ПО «ПХЗ», включает выполнение следующих операционных целей:

Операционная цель 2.1. Развитие современных технологий по дезактивации радиационно-загрязненного оборудования.

Операционная цель 2.2. Создание экономически комфортных и безопасных условий для современного промышленного производства.

Операционная цель 2.3. Содействие развитию гидрометаллургии производства редких и редкоземельных элементов.

Операционная цель 2.4. Создание мусоросжигательного завода.

Операционная цель 2.5. Инновационное развитие системы контейнерного хранения токсичных отходов.

Операционная цель 2.6. Внедрение и развитие технологий по переработке фосфогипса.

Это только некоторые наиболее актуальные операционные цели, которые необходимо решить в ближайшие 10-20 лет. Они могут видоизменяться и расширяться, но вместе с тем они позволяют обеспечивать эффективное развитие площадки.

Важной остается на все время стратегическая цель 3. Она включает в себя следующие операционные цели:

Операционная цель 3.1. Развитие системы радиэкологического мониторинга.

Операционная цель 3.2. Улучшение системы управления отходами.

Операционная цель 3.3. Институциональный контроль.

Данная стратегическая цель является основополагающей и будет стоять в основе всех проектов на промышленная площадка бывшего ПО «ПХЗ».

На основе материалов исследования экологического и экономического состояния промышленной площадки, приведенных данных и результатов исследований выполнен *SWOT* – анализ промышленной площадки бывшего ПО «ПХЗ» (табл. 1).

Таблица 1 - *SWOT* – анализ промышленной площадки бывшего ПО «ПХЗ»

Сильные стороны	Слабые стороны
<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокий уровень экономического развития 2. Развитая инфраструктура железнодорожного, автомобильного, трубопроводного транспорта. 3. Развитые внешнеэкономические связи. 4. Сохраненный научный потенциал в области гидрометаллургии и химических технологий. 5. Достаточное количество квалифицированных трудовых ресурсов. 6. Высокий уровень обеспеченности водой, электроэнергией, канализацией. 7. Возможность утилизации промышленных жидких отходов в хвостохранилище 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Радиоактивное и химическое загрязнение атмосферного воздуха, почв и грунтовых вод промышленной площадки 2. Радиоактивное загрязнение зданий и строительных конструкций. 3. Необходимость реабилитации промышленной площадки 4. Высокая ресурсо - и энергоемкость производства. 5. Значительная изношенность инженерной инфраструктуры. 6. Отсутствие переработки и утилизации радиоактивных твердых отходов переработки урановых руд. 7. Незначительная доля малого и среднего бизнеса в структуре предприятий на промышленной площадке.
Возможности	Угрозы
<ol style="list-style-type: none"> 1. Создание договора о зоне свободной торговли с ЕС. 2. Развитие технологий использования промышленных отходов в производстве стройматериалов. 3. Развитие новейших современных технологий дезактивации НКТ и другого оборудования с промплощадки. 4. Развитие новых предприятий в дезактивированных зданиях и на территории промплощадки 5. Развитие гидрометаллургии производства редких и редкоземельных элементов 6. Перспективное строительство мусоросжигательного завода. 7. Государственная поддержка создания промышленных и научных парков на промышленной площадке. 8. Инновационное развитие системы контейнерного хранения токсичных отходов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прогнозируемое значительное сокращение трудовых ресурсов в ближайшие 10 лет. 2. Отсутствие современной нормативной базы по реабилитации бывших урановых объектов. 3. Неэффективная государственная политика в области управления радиоактивными и токсичными отходами. 4. Неблагоприятный бизнес-климат в Украине. 5. Отсутствие государственной и местной финансовой поддержки. 6. Очень высокие, необоснованные цены на энергоносители, воду, газ в Украине с угрозой повышения их в дальнейшем.

На основании *SWOT*- анализа рассматриваются Сценарии развития промышленной площадки бывшего ПО «ПХЗ».

Традиционно рассматривают три основных сценария развития:

1) пессимистический - основные внешние угрозы и внутренние проблемы «реализуются», риски наступят с высокой вероятностью, что значительно ухудшит существующую ситуацию, несмотря на предпринятые усилия по внедрению Стратегии;

2) инерционный или трендовый - все во внешнем окружении «идет, как сегодня», возникающие внешние возможности и угрозы взаимно компенсируются;

3) оптимистичный – это демонстрация положительной динамики, которая возможна без значительных усилий «изнутри системы», вследствие благоприятного стечения обстоятельств и поддержки сильных сторон площадки внешними возможностями.

Принимая во внимание социально-экономическую ситуацию в области и стране, а также основываясь на демографических, экологических и финансовых тенденциях можно предположить, что наиболее вероятным является «инерционный» сценарий развития площадки. Вместе с тем, в случае слаженных усилий органов власти различных уровней, органов управления и эффективного развития международного сотрудничества можно создать условия для приближения сценария развития к «оптимистическому».

Выше структурировано изложена логика реализации таких усилий в стратегических и операционных целях развития промышленной площадки бывшего ПО «ПХЗ», что обеспечит развитие её по «оптимистическому» сценарию.

При этом также были учтены следующие предположения:

- перспективные изменения национального законодательства по радиационной защите и охране окружающей среды не ухудшат ситуацию на промплощадке;

- будет обеспечено надлежащее финансирование проектов Плана реализации Стратегии как с использованием ресурсов Украины, так и из международных источников.

Таким образом, предложена Стратегия, включающая конфигурацию стратегических и операционных целей, способная в долгосрочной перспективе на 10-20 лет не только сохранить в экономически привлекательном свете территорию бывшего уранового производства ПО «Приднепровский химический завод», но и предотвратить прогнозируемые на сегодняшний день радиационные и экологические риски.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд (СП ЛКП-91). - М.: МЗ СССР, 1991. - 76 с.

2. Рець, Ю.М. Оцінка радіаційного стану забруднених об'єктів на промисловому майданчику колишнього підприємства по переробці уранових руд для обґрунтування меж санітарно-захисних зон / Ю.М. Рець //Збірник наукових праць НГУ. -Д.: Національний гірничий університет. -2017-№50 - с.316-326.

3. Валяев, А.М. Сравнение радиационного загрязнения почв с физиологическими параметрами развития тестовых растений на объектах Сухачевской промплощадки / А.М. Валяев, В.Ю. Коровин, Т.В. Лаврова // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2016. – Вип. 129. – С. 242-255.

4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 [Чинний від 1998-01-01]. –Київ: Відділ поліграфії Українського центру Держсанепіднагляду Міністерства охорони здоров'я України, 1998. – 135 с.

5. Фальк В. Э. Реабилитация среды. Стратегии и методы очистки радиоактивно загрязненных площадок / В.Э. Фальк //Бюллетень МАГАТЭ, 2001. Vol. 43. – No. 2. - С. 20–24.

6. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України; Державні санітарні правила 6.177-2005-09-02. - [Чинний від 2005-05-20], МОЗ України, Київ, 2005. – 197 с.

7. МАГАТЭ. Освобождение площадок от регулирующего контроля после завершения практической деятельности. Серия норм по безопасности МАГАТЭ. - №WS-G-55.1. - МАГАТЭ, Вена, 2008. - 42 с.

8. IAEA Safety Standards Series. Remediation of Areas Contaminated by Past Activities and Accidents: safety requirements. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2003 – 24 p.

9. Сорока, Ю. Н. Стратегия восстановления загрязненной территории и зданий бывших урановых объектов ПО «Приднепровский химический завод» / Ю.Н. Сорока //Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення, VI Міжнародна науково-практична конференція, збірник статей. - г. Алушта, 6-10 вересня 2010. – Харків, 2010, том 1. - С.222-226.

REFERENCES

1. The Ministry of Health of the USSR (1991), *SP LKP-91 Sanitarnye pravila likvidatsii, konservatsii i pereprofilirovaniya predpriyatiy po dobyche i pererabotke radioaktivnykh rud* [SP LKP-91 Sanitary Regulations liquidation, conservation and conversion of mining and processing of radioactive ores] - The Ministry of Health of the USSR, Moscow, Russia.

2. Rets, Yu.M. (2017), “Estimation of the radiation state of contaminated objects at the industrial site of a former uranium ore processing enterprise to justify the boundaries of sanitary protection zones”, *Zbirnyk naukovykh prats NGU*, no. 50, pp. 316-326.

3. Valyaev, A.M., Korovin, V.Yu. And Lavrova, T.V. (2016) “Comparison of the soil radioactive pollution with physiological parameters of the test plant morphosis at the facilities of Sukhachevka industrial site”, *Geo-Technikal Mechanics*, vol. 129, pp. 242-255.

4. Ministry of Health of Ukraine (1998), *DGN 6.6.1.-6.5.001-98 Normy radiatsiyanoi bezpeky Ukraine. Derzhavni gigienichni normatyvy* [SGN 6.6.1-6.5.001-98 Radiation Safety Standards of Ukraine: State Hygienic Standart], Department of printing of the Ukrainian Center of Sanitary Inspection Ministry of Health of Ukraine, Kiev, Ukraine.

5. Falk, V.E. (2001), “Rehabilitation of the environment. Strategies and methods of treatment of radioactively contaminated sites”, *Byulleten MAGATE*, vol. 43, no. 2. С. 20–24.

6. The Ministry of Health of Ukraine (2005), *6.177-2005-09-02 Osnovni sanitarni pravyla zabezpechennya radiatsiyanoi bezpeky Ukrainy* [6.177-2005-09-02: Basic sanitary rules of radiation safety Ukraine], The Ministry of Health of Ukraine, Kiev, Ukraine.

7. MAGATE (2008), “Exemption sites from regulatory control after the completion of practice. Standards Series IAEA Safety”, no.WS-G-55.1.

8. International Atomic Energy Agency, (2003), “IAEA Safety Standards Series. Remediation of Areas Contaminated by Past Activities and Accidents: safety requirements”, Vienna, Austria.

9. Soroka, Yu.N. (2010), “The strategy of restoring the contaminated territory and buildings of the former uranium objects of PO "Pridneprovsky Chemical Plant"”, *Zbirnyk statey VI Mizhnarodnoy naukovopraktychna konferentsiya* [Collection of Articles VI International Scientific and Practical Conference], *Ekologichna bezpeka: problem i shlyakhy vyrishennya* [Environmental safety: problems and solutions], 2010-09-06 Alushta, vol. 1, pp. 222-226.

Об авторе

Сорока Юрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Экологии и охраны окружающей среды, Государственное высшее учебное заведение «Днепропетровский государственный технический университет» (ГВУЗ «ДГТУ»), Каменское, Украина, yuriy_sor@ukr.net.

About the author

Soroka Yuriy Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor in Department of Ecology and Environmental Protection, State Higher Educational Institution "Dneprodzerzhinsky State Technical University" (SHEI «DGTU»), Kamenske, Ukraine, yuriy_sor@ukr.net.

Анотація. Метою досліджень була розробка стратегії реабілітації території колишнього уранового виробництва ВО «Придніпровський хімічний завод».

Розглянуто радіаційна обстановка на території колишнього уранового виробництва ВО «Придніпровський хімічний завод» і його хвостосховищ. Розглянуто рівень безпеки кожного з існуючих хвостосховищ в даний час і на перспективу.

Сформульовано основні стратегічні цілі реабілітації і розвитку промислового майданчика колишнього ВО «ПХЗ» та запропоновано операційні цілі для їх реалізації.

Виконано SWOT - аналіз промислового майданчика колишнього ВО «ПХЗ», який дозволив виявити сильні і слабкі сторони, визначити можливості та загрози використання і розвитку даної території.

Ключові слова: стратегія, реабілітація, промисловий майданчик, операційні цілі, стратегічні цілі, SWOT - аналіз.

Abstract. Objective of the research was to develop a strategy for rehabilitation of the territory of the former uranium-produced factory "The Pridneprovsky Chemical Plant".

Radiation situation on the territory of the former uranium-produced factory "The Pridneprovsky Chemical Plant" (the PChP) and its tailing dumps was analysed. The current and future level of safety of each of the existing tailing dumps was considered.

The main strategic objectives of the rehabilitation and development of the industrial site of the former PChP were formulated, and operational objectives for their realization were proposed.

The SWOT-analysis of the industrial area of the former PChP was carried out, which allowed to identify strengths and weaknesses and to reveal opportunities and risks of use and development of the territory under consideration.

Keywords: strategy, rehabilitation, industrial sites, operational objectives, strategic objectives, SWOT-analysis.

Статья поступила в редакцию 28.01.2017

Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Четвериком М.С.