



UA0300398

**ПРОБЛЕМА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЕРЕРАБОТКИ УРАНОВЫХ РУД**

В. Коровин

Приднепровский научный центр НАН Украины, Украина

Ю. Коровин

Научно-технический центр «Цветные металлы», Украина

G. Laszkiewicz, L. Lee

ComPro Inc, USA

Ю. Кошик

*Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский
институт промышленной технологии, Украина*

Г. Шматков

Днепропетровская областная администрация, Украина

Г. Семенец

Днепродзержинский горисполком, Украина

В. Меркулов

Научно-учебный центр «Сорбент» ДзГТУ-ПНЦ НАНУ, Украина

Днепродзержинск находится в числе одних из самых неблагоприятных промышленных городов в Украине, в котором экологическое состояние оценивается как критическое. Это является следствием того, что в центре города в непосредственной близости друг от друга расположены крупные металлургические, коксохимические и другие химические предприятия. На территории города сосредоточены миллионы т промышленных отходов, которые расположены в накопителях, отвалах предприятий и на городской свалке. Наиболее остро стоит проблема радиоактивного загрязнения города и Днепропетровской области, которая возникла в результате длительной переработки урансодержащих руд на производственном объединении «Приднепровский химический завод» с 1948 по 1991 гг. [1–3]. Предприятие являлось одним из первых на территории бывшего Советского Союза занимающимся переработкой различных урановых руд. На протяжении многих лет завод был базовым по отработке технологий гидрометаллургического получения соединений урана. За период работы предприятия было образовано 9 хранилищ радиоактивных

отходов (РАО), в которых находится около 36 млн т РАО уранового производства общей активностью около 75000 Ки. Эти хвостохранилища имеют такие показатели [4]:

Хвостохранилище «Западное» (рис.1, поз.1), срок эксплуатации 1951–1954 гг., консервация не закончена. В хвостохранилище находится 0,77 млн т твердых радиоактивных отходов (ТРО), объемом 0,46 млн м³, общей площадью 60 тыс. м². Максимальная мощность дозы гамма-излучения на поверхности 2000 мкР/ч, на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) 100 мкР/ч. Общая активность РАО около $1,8 \cdot 10^{14}$ Бк. Хвостохранилище размещено непосредственно на территории предприятия.

Хвостохранилище «Центральный Яр» (рис.1, поз.2), срок эксплуатации 1949–1954 гг., консервация не закончена. В хвостохранилище находится 0,22 млн т ТРО, объемом 0,13 млн м³, общей площадью 24 тыс. м². Максимальная мощность дозы гамма-излучения на поверхности – 1000 мкР/ч, на границе СЗЗ – 20 мкР/ч. Общая активность РАО – около $1,04 \cdot 10^{14}$ Бк.

Хвостохранилище «Юго-восточное» (рис.1, поз.3), срок эксплуатации 1956–1980 гг., консервация не закончена. В хвостохранилище находится 0,33 млн т ТРО, объемом 0,195 млн м³, общей площадью 18 тыс. м². Максимальная мощность дозы гамма-излучения на поверхности – 3000 мкР/ч, на границе СЗЗ – 30 мкР/ч. Общая активность РАО – около $6,7 \cdot 10^{13}$ Бк.

Хвостохранилище «Д» (рис.1, поз.4), срок эксплуатации 1954–1968 гг., консервация не закончена. В хвостохранилище находится 12 млн т ТРО, объемом 5,85 млн м³, общей площадью 0,76 млн м². Максимальная мощность дозы гамма-излучения на поверхности – 74 мкР/ч, на границе – СЗЗ 30 мкР/ч. Общая активность РАО – около $1,4 \cdot 10^{15}$ Бк.

Хвостохранилище «Лантановой фракции» (рис.1, поз.5), срок эксплуатации 1965–1988 гг., законсервированное. В хвостохранилище находится 6,6 тыс. т ТРО, объемом 3,3 тыс. м³, общей площадью 0,6 тыс. м². Максимальная мощность дозы гамма-излучения на поверхности – 30 мкР/ч, на границе СЗЗ – 30 мкР/ч. Общая активность РАО – около $8,6 \cdot 10^{11}$ Бк.

Хвостохранилище «Доменная печь № 6» (пгт. Долинский, пгт. Сухачевка) (рис.1, поз.6), срок эксплуатации 1982 г., законсервированное. В хвостохранилище находится около 0,033 млн т ТРО, объемом 0,015 млн м³, общей площадью 18 тыс. м². Максимальная мощность дозы гамма-излучения на поверхности – 60 мкР/ч, на границе СЗЗ – 25 мкР/ч. Общая активность РАО – около $1,1 \cdot 10^{13}$ Бк.

Хвостохранилище «База С» (бывшее хранилище уранового сырья), (пгт. Долинский, пгт. Сухачевка) (рис.1, поз.7), срок эксплуатации 1960–1991 гг., не

законсервировано. В хвостохранилище находится 0,3 млн т ТРО, объемом 0,15 млн м³, общей площадью 250 тыс. м². Максимальная мощность дозы гамма-излучения на поверхности – 4700 мкР/ч, на границе СЗЗ – 30 мкР/ч. Общая активность РАО – около 9,8·10¹⁴ Бк.

Хвостохранилище «С» 1-я секция (пгт. Долинский, пгт. Сухачевка) (рис.1, поз.8), срок эксплуатации 1968–1983 гг., не законсервировано. В хвостохранилище находится 19,1 млн т РАО, объемом 8,55 млн м³, общей площадью 679 тыс. м². Максимальная мощность дозы гамма-излучения на поверхности – 1200 мкР/ч, на границе СЗЗ – 20 мкР/ч. Общая активность РАО – около 6,8·10¹⁴ Бк.

Хвостохранилище «С» 2-я секция (пгт. Долинский, пгт. Сухачевка) (рис.1, поз.9), введено в эксплуатацию с 1983г., действующее. В хвостохранилище находится 9,6 млн т РАО, объемом 4,4 млн м³, общей площадью 699 тыс. м². Максимальная мощность дозы гамма-излучения на поверхности – 23 мкР/ч, на границе СЗЗ – 20 мкР/ч. Общая активность РАО – около 3,0·10¹⁴ Бк. В хвостохранилище предусмотрена изоляция РАО и химических веществ защитными экранами (глина, полиэтиленовая пленка). Специальными методами РАО зафиксировано в твердой части, благодаря чему организован замкнутый водооборотный цикл предприятия.

Кроме того, дополнительно в городе обнаружено хвостохранилище по улице Лазо (рис.1, поз.10), которое было образовано вследствие переработки радиоактивных азотсодержащих растворов ПО «ПХЗ» комбинатом ДПО «Азот» на жидкие удобрения (50–60 гг.). Данное хвостохранилище требует дальнейшего изучения с целью установления его количественных характеристик.

Практически все хвостохранилища, кроме хвостохранилища «С», 2-я секция, не имеют изоляции от окружающей среды и создают угрозу радиоактивного загрязнения подземных вод, атмосферы и территории, прилегающей к хвостохранилищам. На рис. 1 показано размещение радиоактивных отходов на территории города Днепродзержинска и области.

Проблемой также является радиоактивное загрязнение промышленного оборудования из нержавеющей стали и производственных площадей на самом предприятии. Так, на территории ПО «ПХЗ» размещены не дезактивированные цеха, которые имеют повышенные значения гамма-излучения от 100 до 10000 мкР/ч. Общее загрязнение промплощадки завода, с мощностью более чем 100 мкР/ч, составляет около 250 тыс. м². Кроме того, на территории соседнего предприятия ЗАО «ДнепроАзот» также находятся места радиоактивного загрязнения с уровнем гамма-излучения от 60 до 3000 мкР/ч. Согласно требованиям радиационной безопасности [5] эта ситуация рассматривается как радиационная авария, которая нуждается в проведении мероприятий по дезактивации и захоронению.

Дополнительно в городе, при выборочном обследовании, было выявлено значительное количество ограниченных участков, в том числе в жилом секторе, на поверхности которых мощность экспозиционной дозы гамма-излучения была выше, чем в среднем по городу. Основные характеристики загрязненных радиоактивными веществами участков от 10 см² до 10 м²; экспозиционная доза гамма-излучения на поверхности – от 100 до 1000 мкР/ч. Причиной повышенного радиоактивного излучения явилось использование в прошлом для строительства материалов (щебня и доменного шлака) с высоким содержанием радиоактивных элементов.

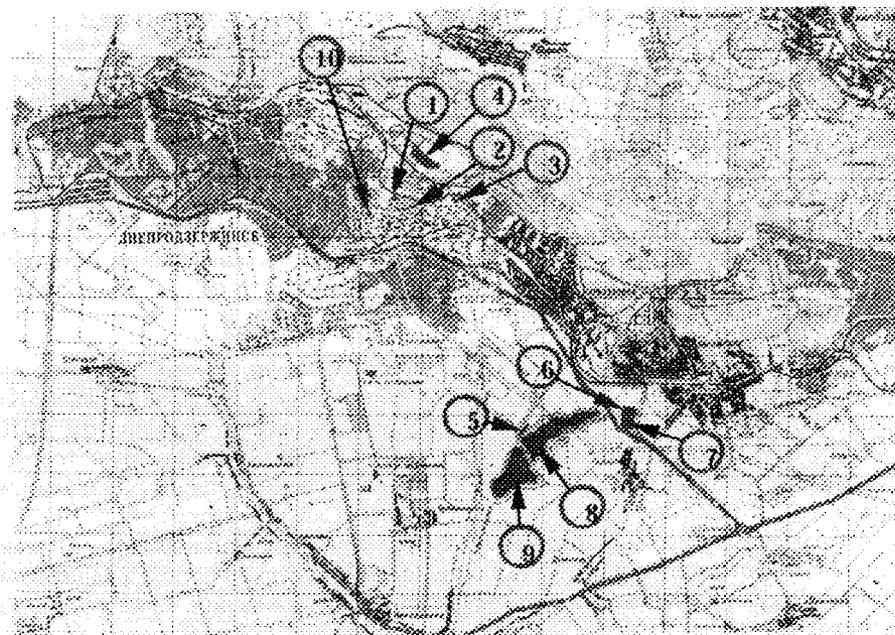


Рис. 1. Размещение хранилищ радиоактивных отходов

В связи с тем, что часть хвостохранилищ расположена в непосредственной близости от р. Днепр, существует большая угроза миграции радионуклидов с подземными водами в русло реки. Особенно большую угрозу представляет хвостохранилище «Д», так как оно расположено в непосредственной близости в 0,8–1,2 км от р. Днепр. Поэтому нами совместно с фирмой Com-Probe (США) были начаты работы, направленные на его детальное обследование. На рис.2 показан план хвостохранилища «Д» с разрезами (1–1, 2–2, 3–3) и расположение десяти разведывательных скважин (глубина бурения до 25 м).

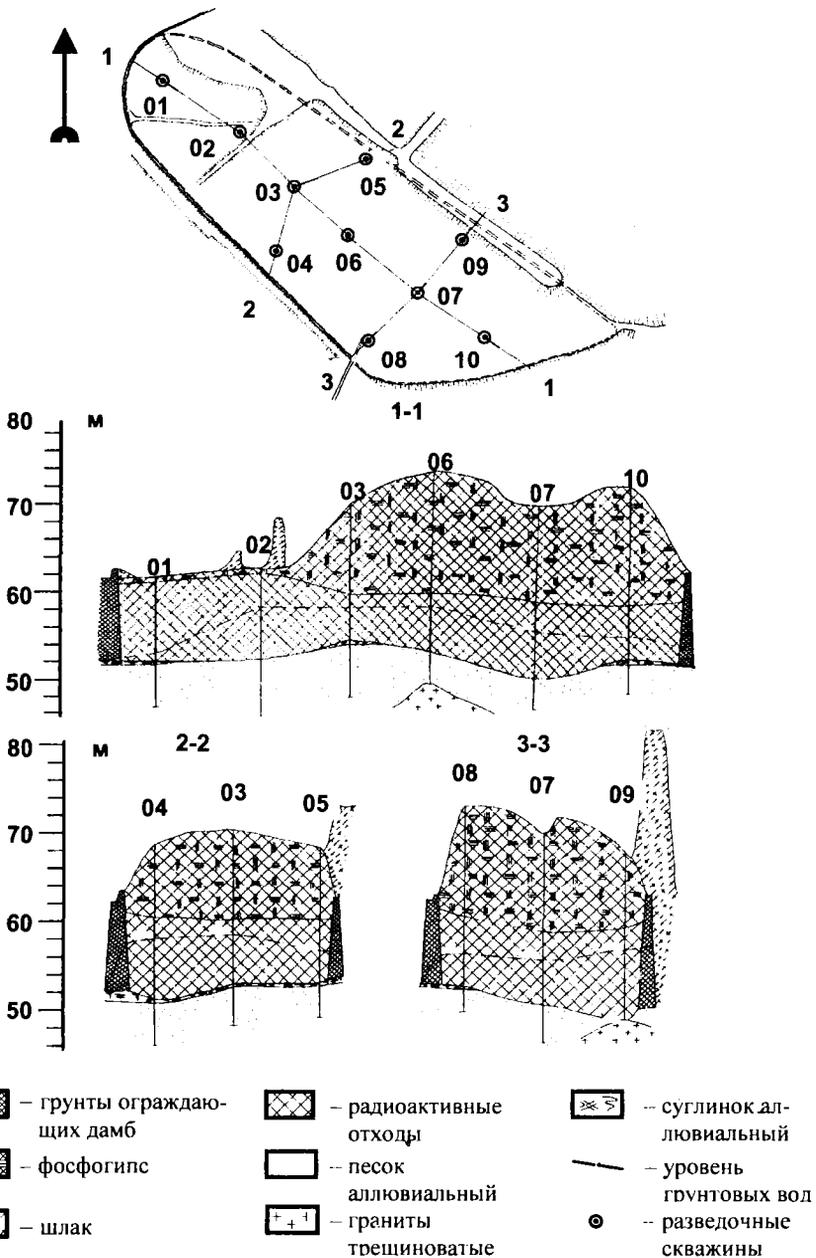


Рис. 2. План и разрезы хвостохранилища «Д»

Хранилище было построено путем сооружения замкнутого контура ограждающих дамб высотой 6,0–11,8 м. Плотина хранилища была отсыпана отходами пустой породы коксохимического производства, которые и по настоящее время складировались в его непосредственной близости. Протяженность периметра ограждающей дамбы составляет 3,99 км, площадь чаши 0,73 км², длина – 1,5 км, ширина – 0,3–0,57 км. С юга и запада вдоль хвостохранилища протекает р. Коноплянка, впадающая в р. Днепр. С севера и востока к хвостохранилищу примыкают отстойники и отвалы коксохимического и металлургического производств, которые на 10–12 м выше верхней отметки хвостохранилища, местами ложатся на поверхность РАО, что создает угрозу выдавливания радиоактивных отходов. В геоморфологическом отношении хвостохранилище расположено в пределах поймы р. Днепр с абсолютными отметками естественной поверхности от 49,0 до 55,6 м.

Складирование отходов переработки урановых руд проводилось гидронамывным способом. В дальнейшем после заполнения хранилища его поверхность была заполнена фосфогипсом около 2,63 млн м³, а также отходами коксохимического и металлургического производств. В результате чего РАО были перекрыты слоем нерадиоактивных отходов мощностью от 0,5 до 19 м. В основании хвостохранилища лежат аллювиальные отложения общей мощностью от 1,3 до 15,5 м, залегающие на неровной поверхности кристаллических пород. В состав аллювиальной толщи входят гумусированные иловатые супеси и суглинки мощностью 0,1–3,3 м, распространенные на большей части естественной поверхности и разнотерные пески мощностью 1,3–15,3 м. Под аллювиальной толщей залегают кристаллические породы, представленные гранитами.

Гидрогеологические условия характеризуются наличием техногенного горизонта шламовых вод в чаше хвостохранилища и гидравлически связанного с ним водоносного комплекса, распространенного в аллювиальных песках и трещиноватой зоне кристаллических пород.

Средняя мощность толщи РАО в хвостохранилище «Д» составляет 8,0 м. Радиоактивные отходы подстилаются естественными грунтами, представленными аллювиальными суглинками и песками. По физическим свойствам радиоактивные отходы классифицируются преимущественно как супеси водонасыщенные, текучей консистенции. Для толщи РАО характерно слоистое строение с чередованием различных литологических прослоев (супеси, суглинки, пески) различного цвета (от белого и светло-серого до темно-бурого и черного) и различной консистенции (от твердой до текучей).

Радиоактивные отходы характеризуются высокой степенью водонасыщенности (80–100% объема пор). По физическим свойствам и условиям, в которых они сформировались, радиоактивные отходы близки к илам. Для них характерны слоистая текстура, тиксотропные свойства, липкость, скрытотекучая консистенция (переход в текучее состояние при нарушении естественного сложения без изменения влажности), что свидетельствует о преобладании

тиксотропно-коагуляционных структурных связей между частицами с преобладающим размером 0,05–0,005 мм.

Основу химического состава РАО составляют сульфаты, окислы кальция и кремния (кварц). Химический состав РАО сформирован минеральным составом исходной урановой руды (кварц, полевые шпаты, гидрослюда, каолинит) в сочетании с реагентами и продуктами нейтрализации (серная и азотная кислота, известь).

Радионуклидный состав РАО обусловлен ураном и продуктами его распада – торий-230, радий-226, свинец-210, полоний-210, содержащиеся в исходной урановой руде, которые являются основными α -, β - и γ -излучателями и определяют радиоактивный фон отходов. Установлено, что нарушение естественного радиоактивного равновесия в процессе переработки руды, а также различная миграционная способность радионуклидов, привели к существенным смещениям в соотношениях удельных активностей радионуклидов. Мощность экспозиционной дозы γ -излучения в толще РАО превышает 10000 мкР/ч. Особую опасность представляет то, что радиоактивные отходы находятся в водонасыщенном состоянии. Степень заполнения объема пор водой изменяется от 82 до 100% и составляет в среднем 99%. В большей части объема РАО содержится свободная вода, образовавшая техногенный водоносный горизонт. Химический состав воды характеризуется как высокоминерализованный, с рН 5,7 – 8,7.

В целом химический и радионуклидный состав воды характеризуется значительным превышением фоновых показателей, свойственных природным водам. Допустимые концентрации большинства химических компонентов и всех радионуклидов превышены на один – два порядка, что свидетельствует о проходящих процессах выщелачивания химических соединений и радионуклидов из твердых радиоактивных отходов и их водной миграции. В районе хвостохранилища образовались ореолы загрязнения подземных вод в результате водной миграции химических компонентов и радионуклидов. Ореол загрязнения достигает рек Коноплянки и Днепра, где происходит разгрузка загрязненных подземных вод в поверхностные воды. Кроме того, в результате миграции радионуклидов из толщи РАО в естественных грунтах образовалась зона радиоактивного загрязнения средней мощностью 3,0 м под хвостохранилищем. Для этой зоны характерны МЭД γ -излучения более 60 мкР/ч и высокие удельные активности радионуклидов, составляющие в среднем 11-102% от исходной удельной активности в толще РАО.

Результаты проведенных комплексных исследований характеризуют хвостохранилище «Д» как источник радиоактивного и химического загрязнения и подтверждают ранее сделанные выводы об их негативном воздействии на окружающую среду. Так, ранее по данным предварительных экологических исследований и результатам математического моделирования, полученных Институтом геологических наук НАН Украины и Украинским Государственным институтом минеральных ресурсов в 1997–1998 гг., было установлено,

что хвостохранилище «Д» является источником химического и радионуклидного загрязнения грунтов, поверхностных и подземных вод [6].

Состав и свойства радиоактивных отходов, а также условия их хранения, способствуют дальнейшему росту масштабов радиоактивного и химического загрязнения. Для предотвращения дальнейшего роста масштабов загрязнения природной среды требуется проведение специальных мероприятий, включающих ликвидацию источников загрязнения, изоляцию отходов и их перезахоронение.

Утилизация радиоактивных отходов и дезактивация жилой части г. Днепродзержинска относится к проблемам, какие должны решаться на муниципальном, государственном и международном уровнях. В соответствии с Распоряжением Президента Украины «Про эколого-экономический эксперимент в городах Кривой Рог, Днепродзержинск, Мариуполь и Запорожье» (№ 235/97-рп от 11.06.1997 г.), разработана «Программа выхода из экологического кризиса г. Днепродзержинска на 2000–2005 гг.» [7], в которой нашла отражение проблема радиоактивного загрязнения. Однако для ее решения необходимо привлечение иностранных инвесторов, технической либо финансовой помощи.

Литература

1. Шматков Г.Г., Кошик Ю.И., Коровин В.Ю. и др. Комплексный подход решения проблемы радиоактивного загрязнения территории г. Днепродзержинска // Труды VIII Междунар. науч.-техн. конф. «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов», Щелкино (Крым), 12-16 июня 2000. – Харьков, 2000 – Т. 1. – С. 69-71.
2. Complex Approach to the Problem of Radioactive Pollution of City Territory // G.Shatkov, G.Seminec, Yu.Korovin et al /14 Int. Congress of chemical and Process Engineering, Prague, Aug. 27-31 2000. Set of Summaries 4, P. 289.
3. Шматков Г.Г., Кошик Ю.И., Коровин Ю.Ф., Шекутин Н.С., Рябошапка С.И., Семенец Г.А., Коровин В.Ю., Меркулов В.А. Радиоактивное загрязнение территории в результате переработки урановых руд. // III Всеукр. науч.-метод. конф. «Экология и инженерия. Состояние, последствия, пути создания эколог. чистых технологий» Днепродз. 23-26 окт. 2000 р. Сб. техн. докл. ДзГТУ. – С.191–193.
4. Отраслевая программа улучшения радиационного состояния урановых объектов области в регионах их расположения // Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт промышл. технологии.– К., 1999.– С. 23.
5. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97): Государственные гигиенические нормативы. – К.: МЗ Украины, 1997. – С. 121.
6. Оценка влияния техногенных факторов на формирование качества природных вод нижнего течения реки Днепр и разработка методов по снижению их загрязнения: Отчет ИГН НАН Украины. – К., 1999. – С. 111.
7. Программа выхода из экологического кризиса г. Днепродзержинска на 2000–2005 гг. // Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины. – Днепропетровск; Днепродзержинск, 2000. – С. 73.

PROBLEM OF RADIOACTIVE POLLUTION AS A RESULT OF URANIUM ORES PROCESSING

V. Korovin

Pridneprovsky Scientific Center of the Ukrainian Academy of Sciences, Ukraine

Y. Korovin

Scientific and Technical Center «Cvetnye Metally», Ukraine

G. Laszkiewicz, L. Lee

ComPro Inc, USA

Y. Koshik

Ukrainian Research and Design Institute of Industrial Technology, Ukraine

G. Shmatkov

Dniepropetrovsky Regional State Administration, Ukraine

G. Semenets

City Administration of Dnieprodzerzhinsk, Ukraine

V. Merkulov

Scientific-Pedagogic Center «Sorbent», Ukraine

City Dnieprodzerzhinsk is one of the most unfavorable Ukrainian industrial cities where ecological state is evaluated as critical. This situation appeared as a result of neighbor location of large metallurgical, chemical and coke plants in the city center. Millions tons of industrial wastes are accumulated in storage places, plants disposals and city dump. The most critical is the problem of radioactive pollution of the city and Dnepropetrovsk region appeared as a result of long-term processing of uranium-contained ores at production union «Pridneprovsky Chemical Plant» from 1948 to 1991 [1-3]. It was one of the first Soviet enterprise for the processing of various uranium ores. For dozens years the different technologies for the obtaining of uranium compounds were developed and tested at the plant. 9 deposits of radioactive wastes (RW) formed during this period contain 36 million tons of RW with total activity about 75000 Ci. The deposits have the following parameters [4]:

Dumpsite «Zapadnoe» (Fig.1 position 1), operation period 1951–1954. Preservation is not finished. Dumpsite contains 0,77 million tons of solid radioactive wastes with volume 0,46 million m³ and total area 60000 sq. m. The maximum dose of γ -

radiation on site surface is 2000 $\mu\text{R}/\text{hour}$, radiation dose near the border of protective zone is 100 R/hour . The RW total activity is about $1,8 \cdot 10^{14}$ Bk. The dumpsite is located directly on the plant territory.

Waste Storage «Centralny Yar» (Fig.1 position 2), operation period 1949–1954. Preservation is not finished. The storage contains 0,22 million tons of solid RW wastes with volume 0,13 million m^3 and total area 24000 sq. m. The maximum dose of γ -radiation on deposit surface is 1000 $\mu\text{R}/\text{hour}$, radiation dose near the border of protective zone is 20 $\mu\text{R}/\text{hour}$. RW total activity is about $1,04 \cdot 10^{14}$ Bk.

Waste Storage «South-Eastern» (Fig.1 position 3), operation period 1956–1980. Preservation is not finished. The storage contains 0,33 million tons of RW with volume 0,195 million m^3 and total area 18000 sq. m. The maximum dose of γ -radiation on the dumpsite surface is 3000 $\mu\text{R}/\text{hour}$, radiation dose near the border of protective zone is 30 $\mu\text{R}/\text{hour}$. RW total activity is about $6,7 \cdot 10^{13}$ Bk.

Waste Storage «D» (Fig.1 position 4), operation period 1954–1968. Preservation is not finished. The storage contains 12 million tons of solid radioactive wastes with volume 5,85 million m^3 and total area 760000 sq. m. The maximum dose of γ -radiation on deposit surface is 74 $\mu\text{R}/\text{hour}$, radiation dose near the border of protective zone is 30 $\mu\text{R}/\text{hour}$. The RW total activity is about $1,4 \cdot 10^{15}$ Bk. The close site location to river Dnieper may cause blowout of the wastes as a result of natural cataclysms.

Dumpsite of «Lanthanide Fraction» (Fig.1 position 5), operation period 1965–1988, preserved. It contains 6,6 thousand tons of solid RW with volume 3,3 thousand m^3 and total area 600 sq. m. The maximum dose of γ -radiation on deposit surface is 30 $\mu\text{R}/\text{hour}$, radiation dose near the border of protective zone is 30 $\mu\text{R}/\text{hour}$. RW total activity is about $8,6 \cdot 10^{11}$ Bk.

Waste Storage «Blast furnace 6» (village Dolinskoe, village Sukchachevka) (Fig.1 position 6), operation period 1982 is preserved. It contains about 0,033 million tons of solid RW with volume 0,015 million m^3 and total square 18000 sq. m. The maximum dose of gamma-radiation on the deposit surface is 60 $\mu\text{R}/\text{hour}$, radiation dose near the border of protective zone is 25 $\mu\text{R}/\text{hour}$. RW total activity is about $1,1 \cdot 10^{13}$ Bk.

Waste Storage «Baza C» (former depot of uranium raw, village Dolinskoe, village Sukchachevka) (Fig.1 position 7), operation period 1960–1991. The storage is not preserved. The deposit contains 0,3 million tons of radioactive wastes with volume 0,15 million m^3 and total area 250000 sq. m. The maximum dose of gamma-radiation on the deposit surface is 4700 $\mu\text{R}/\text{hour}$; radiation dose near the border of protective zone is 30 $\mu\text{R}/\text{hour}$. The RW total activity is about $9,8 \cdot 10^{14}$ Bk.

Waste Storage «C», 1st section (village Dolinskoe, village Sukchachevka) (Fig.1 position 8), operation period 1968-1983. The storage is not preserved. 19,1 million tons of solid radioactive wastes occupy volume 8,55 million m³ and total area 679000 sq. m. The maximum dose of γ -radiation on the deposit surface is 1200 μ R/hour, radiation dose near the border of protective zone is 20 μ R/hour. RW total activity is about $6,8 \cdot 10^{14}$ Bk.

Waste Storage «C», 2nd section (village Dolinskoe, village Sukchachevka) (Fig.1 position 9). This storage is taken into operation in 1983 and is acting now. It contains 9,6 million tons of solid radioactive wastes that occupy volume 4,4 million m³ and total area 699000 sq. m. The maximum dose of gamma-radiation on deposit surface is 23 μ R/hour; radiation dose near the border of protective zone is 20 μ R/hour. Total activity of radioactive wastes is about $3,0 \cdot 10^{14}$ Bk. Dumpsite design anticipates isolation of RW and chemical compounds by protective screens (clay, polyethylene film). Special methods fixed radioactive wastes as solids that allows to establish the closed water rotation cycle of the plant.

Besides, the RW storage «Iazov» (Fig. 1, position 10) was found within the city area. It was formed in 50-60th at industrial complex «DniiproAZOT» after processing of liquid radioactive nitrogen-containing compounds to chemical fertilizers. This waste storage needs the further study to define its quantitative parameters.

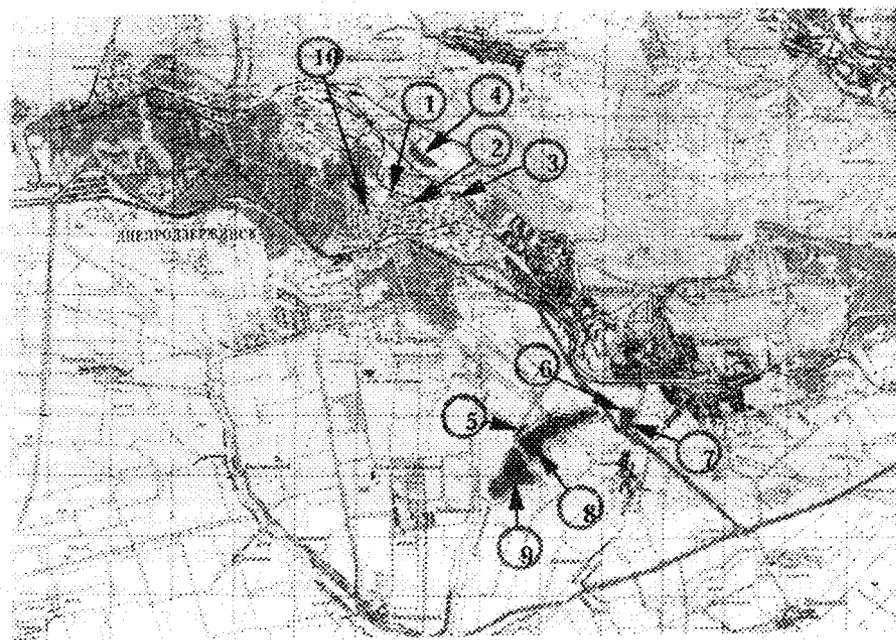


Figure 1. Location of Radioactive Wastes Tailing Sites

Almost all mentioned storage places, except the 2nd section of the dumpsite «C», do not have environmental isolation and create the threat of radioactive pollution for underground waters, atmosphere and neighbor soils. Fig. 1 shows location of waste deposits on the territory of Dnieprodzerzhinsk and region.

Another problem is the radioactive pollution of industrial stainless hardware and production areas within the plant. Thus, there are radiation-polluted floors with γ -radiation from 100 to 10000 $\mu\text{R}/\text{hour}$. The total polluted area is about 250000 sq. m. at radiation power more than 100 $\mu\text{R}/\text{hour}$. Besides, there are polluted places at the neighbor plant «DnieproAZOT» with radiation level from 60 to 3000 $\mu\text{R}/\text{hour}$. According to radiation security requirements, this situation is considered as radioactive accident that needs the urgent deactivation and burial [5].

Additionally, selective inspection of city area has disclosed significant number of limited zones, including living area, where the dose rate is higher than average for the city. These zones have area from 10 cm^2 to 10 m^2 with exposition radiation doze from 100 to 1000 $\mu\text{R}/\text{hour}$ on the surface. Increased radioactivity in the zones is caused by use of building materials (crushed stone and blast furnace slag) with high content of radioactive elements.

Since the part of dumpsites is located near Dnieper river, there is a real threat of radioactive nuclides migration with underwater and their penetration to the river. The most dangerous is the tailing site «D» since it is 0,8-1,2 km far from the river. That's why we started its detailed study together with the company ComPro Inc (USA). Fig. 2 contains layout of the dumpsite «D» with cross- sections (1-1, 2-2, 3-3) as well as location of 10 exploratory wells (drilling depth up to 25 m).

Dumpsite was made by building the closed contour of protective dams 6,0-11,8 m height. Site dam was filled by wastes of coke gob that is stored up to now directly near the dumpsite «D». Perimeter of protective dam amounts to 3,99 km, bowl square is 0,73 sq. km, length – 1,5 km, width – 0,3-0,57 km. River Konoplyanka fallen in Dnieper is located to the north and west to the dumpsite. Settling bowls and dumps of metallurgical and coke production border with the dumpsite. They are 10-12 meters higher the upper level of the dumpsite and lay down the dumpsite surface here and there creating the threat of RW extrusion. In respect of geomorphology the dumpsite is located within the Dnieper flood-plane with absolute levels of natural surface from 49,0 to 55,6 m.

Waste storing of processed uranium ores was made by hydraulic fill method. After the site filling its surface was covered by phosphogypsum (about 2,63 million ton) as well as by metallurgical and coke wastes. As a result, radioactive wastes were covered by the layer of non-radioactive waste 0,5-19 m thick.

Alluvial precipitates 1,3-15,5 m total thick occurred on rough surface of crystalline soils forming tailing site bottom. Alluvial sediments include humusided muddy loamy sands and loams 0,1-3,3 m thick occupying the main part of natural surface and multi-grain sands 1,3-15,3 m thick. Crystalline soils (granites) occurred under alluvial sediments. Hydrogeologic conditions may be characterized by man-caused horizon of slime water in dumpsite bowl as well as water-bearing complex distributed in alluvial sands and in fractured zone of crystalline soils hydraulically connected with it.

The average thickness of RW layer is 8,0 meters within the dumpsite «D». Radioactive wastes are underlain by natural soils like loam and sands. According to physical properties radioactive wastes may be classified mainly as saturated by water loamy sands with fluid consistence. Radioactive wastes have layer-like structure with alternation of various lithologic seams with different colour (from white and light grey to black) and different consistence (from solid to fluid).

Radioactive wastes are characterized by high water saturation (80-100% of pores volume). RW are similar to silts according to their physical properties and conditions of formation. Layer-like structure, thixotropic properties, adhesion, transfer to fluid state under natural structure disturbance without humidity change is typical for radioactive wastes. The mentioned above parameters indicate the prevalence of thixotropic-coagulation structural bonds between the particles with prevailing size 0,05-0,005 mm.

Sulfates, oxides of calcium and silicon (quartz) are the basis of RW chemical constitution. RW chemical composition is formed by mineral composition of initial uranium ore (quartz, feldspars, hydromica, kaolin) in combination with reagents and neutralization products sulfuric and nitric acid, lime).

The basis of RW radionuclide constitution is formed by uranium and its long-lived radioactive products – thorium-230, radium-226, lead-210, polonium-210 contained in the initial uranium ore. They are the main α -, β - and γ - radiation sources and define radioactive background of wastes. It was established that disturbance of natural radioactive equilibrium during ores processing as well as different radionuclides migration ability resulted in essential shifts in relation of nuclides specific activity. Exposure rate of γ -radiation in RW layer varies exceeds 10000 μ R/hour.

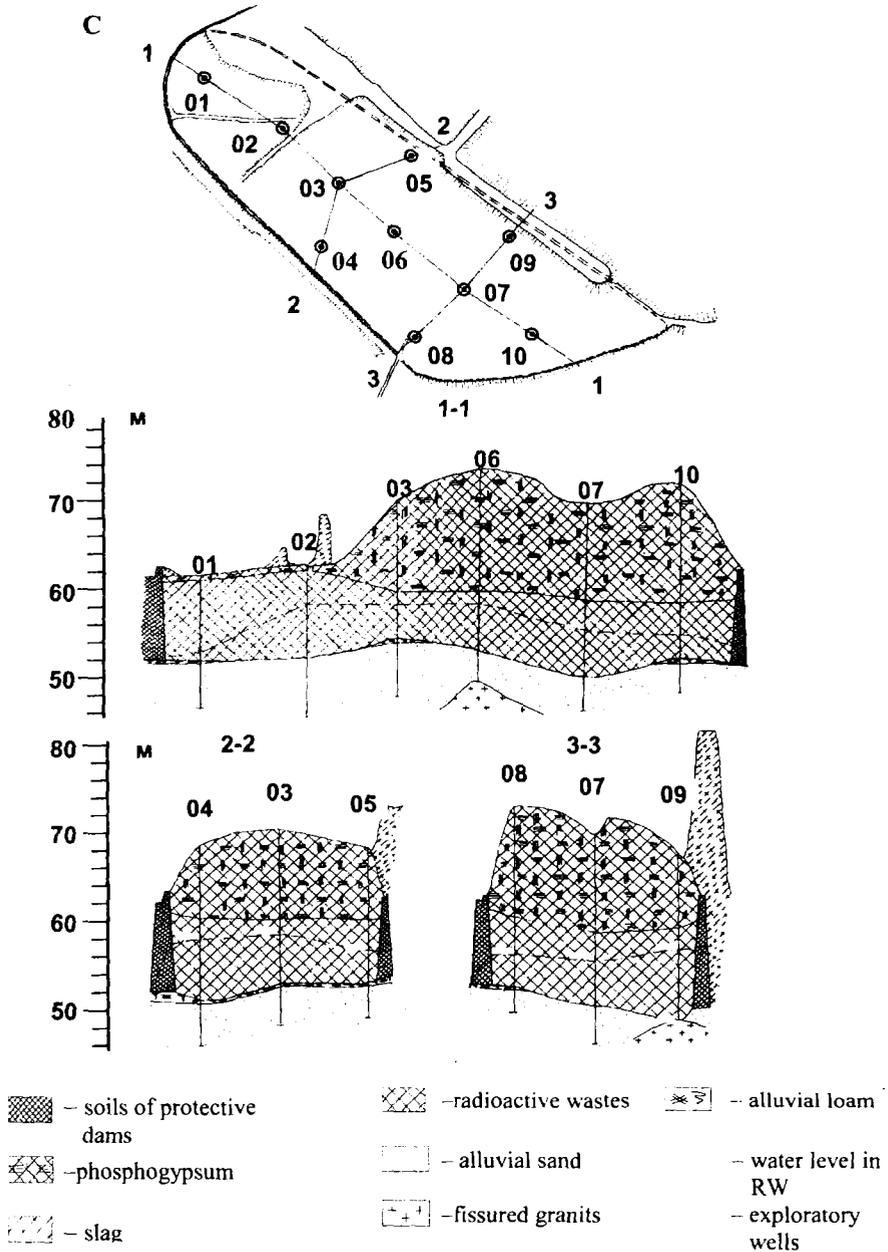


Figure 2. Layout and cross-sections of the tailing site «D»

The most dangerous fact is that radioactive wastes are in water-saturated state. The degree of pores filling by water varies from 82 to 100% and amounts to 99% at the average. The main part of RW volume contains free water that formed water-bearing horizon. Water is highly mineralized with pH 5,7-8,7.

Generally, water chemical and radionuclide content is characterized by essential excess of background values typical for natural water. The permissible concentrations of most chemical components and all radioactive nuclides are exceeded one-two exponents. This fact testifies the current leaching of chemical compounds and radioactive nuclides from solid radioactive wastes and their water migration. Zones of underwater pollution were formed within the dumpsite location due to prevalent migration of chemical compounds and radionuclides. Pollution zones reach rivers Konoplyanka and Dnieper where contaminated underwater fall into surface water.

Besides, the zone of radioactive pollution 3,0 m thick was formed under the tailing site as a result of radionuclide migration from RW layer to natural soils. Maximum exponential dose of γ -radiation over 60 μ R/hour and high specific radionuclides activity (11-102% on average from initial specific activity in RW layer) is typical for this zone.

The results of carried studies describe the dumpsite «D» as a source of radioactive and chemical pollution and confirm the earlier conclusions about their negative environmental effect. Thus, according to the data of preliminary ecological studies and mathematical modeling obtained by Institute of Geologic Sciences and Ukrainian Institute of Mineral Resources, it was established earlier that dumpsite «D» is a source of chemical and radionuclide pollution for soils, surface and bottom water [6].

Composition and properties of radioactive wastes accumulated within Dneprodzerzhinsk and Dnepropetrovsk region as well as conditions of their storage promote the further growth of radioactive and chemical pollution. Prevention of growth of further environment pollution needs special measures including elimination of pollution sources, waste isolation and their second burial.

Utilization of radioactive wastes and deactivation of living zone are the problems that must be solved at municipal, state and international level. The «Program of Outcome of City Dneprodzerzhinsk from Ecological Crisis for 2000-2005» [7] reflecting the problem of radioactive contamination was developed according to the Decree of President of Ukraine «About Ecological-Economic Experiment in cities Krivoy Rog, Dneprodzerzhinsk, Mariupol and Zaporozhie» (No 235/97 from June 11, 1997). But it is necessary to attract foreign investors, technical or financial support for solution of the problem of radioactive pollution.

The Literature

1. Complex Approach to the solution of Problem of Radioactive Contamination of Territory of City Dneprodzerzhinsk / G.Shmatkov, G.Seminec, Yu.Korovin et al // Proc. VIII Int. Scientific – Technical Conference «Ecology and Human Health. Protection of Aqueous and Air Environment. Wastes Utilization», Schelkino (Crimea), June 12-16 2000, v.1. – P. 69-71.
2. 2. Complex Approach to the Problem of Radioactive Pollution of City Territory / G.Shmatkov, G.Seminec, Yu.Korovin et al // 14 Int. Congress of chemical and Process Engineering, Prague, Aug. 27-31 2000. Set of Summaries 4. – P. 289.
3. 3. Radioactive Pollution of the Territory as a result of Uranium Ores Processing / G.Shmatkov, Yu.Koshik, Yu.Korovin et al // III All-Ukrainian Conf. «Ecology and Engineering. State, Results, Ways of Creation of Ecologically Clean Technologies», Dneprodzerzhinsk, October 23–36. Set of Abstracts. – P. 191-193.
4. 4. Program for the Improvement of Radiation State of Uranium Establishments in the Region of Their Location. Ukrainian Research and Design Institute of Industrial Technology. - Kiev, 1999. – 23 p.
5. 5. Principles of Radiation Security in Ukraine (NRBU-97): State Hygienic Standards. Kiev: Department of Health Protection, 1997. – 121 p.
6. 6. Effect Estimation of Man-Caused Factors on Formation of Natural Water Quality in Lower Course of River Dnieper and Development of Ways for the Decrease of its Pollution. Report of Institute of Geologic Sciences. Ukrainian Academy of Sciences. – Kiev, 1999. – 111 pp.
7. 7. Program of Outcome of City Dneprodzerzhinsk from Ecological Crisis for 2000-2005 Institute of Problems of Ecology and Ecological Use, Ukrainian Academy of Sciences. Dniepropetrovsk. – Dneprodzerzhinsk, 2000 – 73 p.