RENATA ROGOWSKA-KWAS, JAN MACUDA
Краковская горно-металлургическая академия,
Польша

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХРАНИЛИЩА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Большая часть промышленных отходов являются экологически небезопасными. Это в основном относится к химическим отходам, содержащим выщелачиваемые органические и неорганические компоненты. Негерметичные или плохо герметизированные подземные хранилища являются источником стоков, проникающих в грунтовые воды. Обычно эти стоки характеризуются высоким уровнем содержания аммиака, мышьяка, хрома, свинца, меди, цинка, железа и органических компонентов.

Представлены результаты лабораторных анализов стоков хранилищ, проникающих в окружающие грунтовые вод, а также рассматриваются количественные изменения в грунтовых водах региона изучаемых подземных хранилищ.

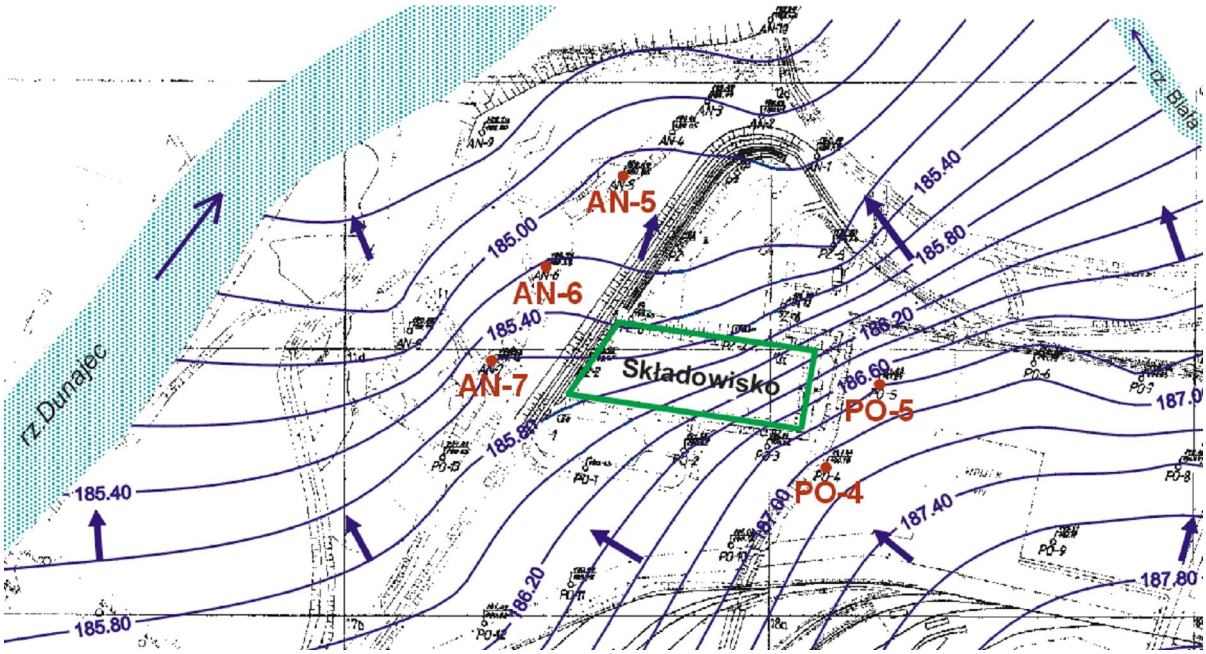
Most of industrial waste is environmentally noxious. This mainly applies to chemical waste containing leachable organic and inorganic components. Unsealed or badly sealed landfills produce seepages infiltrating groundwaters. They usually have a high content of ammonia, arsenic, chromium, lead, copper, zinc, iron and organic compounds.

The results of laboratory analyses of landfill seepages infiltrating the soil-water environment are presented, and the quantitative changes of groundwaters flowing from the region of the studied landfill are discussed.

Промышленность является главным видом человеческой деятельности, приводящей к загрязнению подземных вод. Источником загрязнения в промышленности могут быть хранилища отходов, сопутствующие данному производству. Одними из наиболее обременительных являются отходы химической промышленности. Они содержат большое количество токсичных химических соединений и тяжелых металлов. Вредные субстанции, содержащиеся в депонированных в хранилищах отходах, могут растворяться выпадающими осадками, а в случае отсутствия герметичности хранилища либо повреждения его непроницаемых покрытий, существует опасность миграции содержащихся в стоках загрязнений в водоносный слой. Это приводит к загрязнению подземных вод на пространствах больших, чем занимают сами хранилища, а степень загрязнения зависит от проницаемости геологических образований, находящихся в основании хранилища, глубины залегания подземных вод, скорости их движения, а также токсичности стоков и величины содержащихся в них загрязнений.

Для исследований было выбрано хранилище промышленных отходов, в которое кроме химических отходов попали также различного рода отходы ликвидации катастроф, возникших в колесном транспорте (см. рисунок). Хранилище построено в 1966 г. как емкость с дном и боками, покрытыми глиноцементным слоем толщиной 0,4 м. В нем были складированы отходы из нейтрализатора с кислотностью pH = 10,0, отходы, содержащие NH_4NO_3, отходы формалина, масляные эмульсии, серно-кислые сточные воды, отходы, содержащие значительное количество мышьяка, меди, фенола, фтора, стоки из гальванического цеха, а также отходы производства лаков, травления стекла и средства защиты растений.

Из-за коррозии материалов, использованных для строительства изоляционного покрытия, наступило его повреждение и возникли условия для инфильтрации токсических стоков в подземные воды.



Локализация хранилища промышленных отходов с обозначением направления движения подземных вод. Масштаб 1:5000, PO-4 и AN-7 – наблюдательные скважины

В основании рассматриваемого хранилища отходов выступают четвертичные отложения. Они залегают непосредственно на непроницаемых третичных отложениях, образованных в виде слабомергелистых и сланцевых глин. Кровля третичных образований залегает на глубине 6-14 м от поверхности территории.

В районе хранилища отходов выступает один четвертичный уровень подземных вод. Водоносные слои образуют четвертичные отложения: гравий и речная песчано-гравийная смесь. Сами отложения литологически различны. Во вскрышной части выступают илы и глины, глубже песчано-гравийная смесь и речной гравий, причем с увеличением глубины растет количество крупнозернистого гравия и гальки. Ввиду литологического различия и переменной мощности (0-5 м) вскрыша не образует непроницаемого слоя.

Зеркало воды на обсуждаемой территории находится обычно на глубине 3-5 м от поверхности территории и имеет свободный характер. Гидравлический уклон зеркала воды достаточно значительный и составляет 0,002-0,003. Эти значения, а также достаточно высокий коэффициент фильтрации определяют высокую скорость движения подземных вод (0,06-0,1 м/сутки) [2].

Условия фильтрации на всей исследуемой территории достаточно хорошие, а коэффициент фильтрации составляет от 0,1 до 0,5.

Для определения физико-химического состава инфильтрационных стоков из хранилища в подземные воды было взято пять проб отходов специальным пробоотборником, позволяющим производить отбор проб с высокой гидратацией.

Диапазон лабораторных исследований охватывал анализ отстойных (надосадочных) вод из пробоотборника, а также элюатов из отобранных проб отходов. Исследования элюатов были проведены согласно процедуре, содержащейся в польской норме PN-90B-06714/31. Определение содержания металлов в исследуемых пробах было выполнено методом атомной абсорбции AAS, а неметаллические элементы определялись аналитическими методами, используемыми в изучении сточных вод.

Таблица 1

Сопоставление результатов химического анализа осадочных вод и элюатов из отобранных проб отходов

Обозначение	Единица измерений	Номер пробы отходов					Номер пробы элюатов				
		1	2	3	4	5	1A	2A	3A	4A	5A
pH	–	7,83	7,55	7,64	7,78	7,39	7,64	7,68	7,46	7,91	7,76
Растворимые субстанции	мг/дм^3	2814	2912	2586	4146	3659	2486	2947	2612	4515	2941
Fe	мг/дм^3	17,47	67,46	57,22	89,51	67,36	15,62	9,18	14,35	46,48	33,78
Zn	мг/дм^3	67,22	63,12	61,16	111,43	92,43	34,46	48,93	62,54	115,19	86,34
Cu	мг/дм^3	14,11	47,38	45,37	68,423	51,29	19,03	21,59	20,52	24,82	23,11
As	мг/дм^3	0,05	0,07	1,17	1,12	1,12	0,06	0,09	0,07	1,02	0,64
Ni	мг/дм^3	0,05	0,03	0,05	0,07	0,04	0,06	0,05	0,09	0,52	0,46
Al	мг/дм^3	135	272	449	381	416	0,06	0,04	0,07	0,08	0,005
ХПК	мг/дм^3	1420,3	457,13	1380,9	1459,2	1296,1	387,7	422,4	386,7	423,61	352,2
CHO	мг/дм^3	26,41	34,62	46,71	35,83	37,21	10,46	13,36	15,64	22,53	17,55
SO_4^{2-}	мг/дм^3	2596	2867	3146	3073	2956	1276	1354	1297	1385	1289
$N\text{-}NO_3$	мг/дм^3	22,54	27,56	34,57	78,19	52,73	16,42	22,71	25,23	56,82	48,51
$N\text{-}NH_4$	мг/дм^3	61,15	118,42	992,36	1243,4	884,62	65,41	68,76	74,15	188,53	96,68

Таблица 2

Сопоставление результатов исследований проб воды, взятых из наблюдательных скважин в районе хранилища отходов

Обозначение	Единица измерений	Наблюдательные скважины				
		PO-4	PO-5	AN-5	AN-6	AN-7
pH	–	7,3	7,3	7,4	7,2	7,1
Cl	мг/дм^3	89.43	114.81	189,74	176.18	192.43
Fe	мг/дм^3	0,023	0,048	0,032	0,048	0,056
Zn	мг/дм^3	0,018	0,037	0,876	1,119	1,322
Cu	мг/дм^3	< 0,005	0,006	0,014	0,019	0,023
Pb	мг/дм^3	< 0,005	< 0,005	0,007	0,007	0,012
Cd	мг/дм^3	< 0,005	< 0,005	0,005	0,008	0,017
Cr	мг/дм^3	< 0,005	0,007	0,008	0,009	0,009
As	мг/дм^3	< 0,005	< 0,005	0,007	0,008	0,013
Ni	мг/дм^3	< 0,005	< 0,005	0,006	0,008	0,011
Hg	мг/дм^3	< 0,005	0,005	0,009	0,009	0,008
ХПК	мг/дм^3	12,7	3,21	61,34	103,5	149,32
фенол	мг/дм^3	0,002	0,002	0,005	0,007	0,010
CN	мг/дм^3	0,00	0,00	0,0024	0,0047	0,0063
SO_4^{2-}	мг/дм^3	39	58	97	127	186
$N\text{-}NO_3$	мг/дм^3	0,24	0,25	2,68	2,89	2,86
$N\text{-}NH_4$	мг/дм^3	0,00	0,00	3,17	1,38	1,49

Как в отстойных водах, так и в водных вытяжках из отобранных проб отходов обнаружено высокое содержание ионов в зависимости от места отбора данной пробы из хранилища: Ca^{2+} в количестве 160-540 мг/дм^3; Na^+ в количестве 20-260 мг/дм^3; K^+ – от 60 до 230 мг/дм^3. Количество отдельных ионов было практически одинаковым как в осадочной воде, так и в элюате, приготовленном из данной партии отходов. Установлено также наличие тяжелых металлов Pb, Cd, Cr, Hg в небольших количествах. Результаты лабораторных исследований отстойных вод и элюатов из отобранных проб отходов представлены в табл.1.

Анализируя результаты, содержащиеся в табл.1, можно отметить, что главными выщелачиваемыми элементами в складированных отходах являются ионы Ca, Fe, Zn, Cu, а также $N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_3$ и SO_4^{2-}. Из отходов были вымыты также органические соединения, о чем свидетельствует высокий показатель химической потребности в кислороде ХПК.

Для оценки качества подземных вод в районе хранилища химических отходов было выбрано пять наблюдательных скважин. Локализация их определялась с учетом направления движения подземных вод. Две наблюдательные точки (PO-4 и PO-5) располагались со стороны притока подземных вод в районе хранилища, остальные три (AN-5, AN-6, AN-7) – по стороне оттока вод [1]. В табл.2 представлены результаты исследования проб воды, взятых из указанных скважин в июле 2004 г. [3].

На основе анализа данных, представленных в табл.2, можно констатировать, что существует негативное влияние хранилища на подземные воды. Концентрация хлоридов, сульфатов, аммиачного азота, нитратного азота, фенола, а также показателя ХПК выше в подземных водах, вытекающих с территории хранилища, в сравнении с подземными водами, наплывающими в его район. Замечено только небольшое увеличение концентрации тяжелых металлов в водах со стороны их оттока.

Особого внимания заслуживает концентрация соединений азота в подземных водах. Взаимный баланс аммиачного и нитратного азота в воде является хорошим показателем загрязнения [4]. Наличие в воде аммиака при отсутствии либо малых концентрациях нитратов указывает на свежий источник загрязнения. Такая ситуация наблюдается во всех пробах оттоков из хранилища. К тому же в теплые месяцы в результате интенсификации процессов разложения органических соединений наблюдается увеличение концентрации аммиачного азота. Повышение концентрации азотных соединений сопровождается увеличением потребности в кислороде. Отражением этого являются высшие значения ХПК.

Выводы

На основе анализа отстойных вод, взятых из хранилища, элюатов из отходов, а также подземных вод можно подтвердить негативное влияние стоков на качество вод, вытекающих из района хранилища. Главными элементами, оказывающими влияние на ухудшение качества подземных вод, являются ионы Cl, Fe, Zn, Cu а также $N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_3$ и SO_4. В стоках находятся растворенные в воде органические соединения (фенол и др.) о чем свидетельствует высокий показатель ХПК.

Анализируя концентрации сульфатов, аммиачного азота и нитратного азота в подземных водах, вытекавших из района хранилища в 1999-2004 гг., можно отметить постепенное улучшение качества воды. Эта тенденция связана с прекращением складирования новых отходов, начиная с 1995 г., а также с предпринятыми организационными мероприятиями в виде откачки отстойных вод на станцию очистки сточных вод.

Для исключения дальнейшей деградации подземных вод стоками из хранилища химических отходов следует утилизировать накопленные в нем отходы методом затвердевания. Для этих целей можно использовать щелочной вяжущий материал, производимый на основе металлургических отходов, которые характеризуются хорошими гидравлическими и иммобилизационными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Macuda J.* Monitoring wód podziemnych wokół składowisk odpadów toksycznych «AN» Zakładów Azotowych S.A. w Tarnowie. Wiertnictwo Nafta Gaz, Wyd. AGH, Rocznik 18/1. 2001.

2. *Macuda J.*, *Kaczor B.*, *Skiba J.* Sprawozdanie z badań jakości wód podziemnych w rejonie zbiorników odpadów «AN» Zakładów Azotowych S.A. w Tarnowie, Hydrodol Tarnów. 1998.

3. Wyniki monitoringu wód podziemnych w rejonie składowiska «AN» II. Materiały niepublikowane, Hydrodol Tarnów. 2003.

4. *Witczak S.*, *Adamczyk A.* Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Tom I. Warszawa, BMŚ. 1994.