

УДК 624.131

А.В. Павличенко¹, канд. биол. наук, доц.,
А.А. Кроик², д-р геол. наук, проф.

1 – Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: artem241@ukr.net

2 – Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, г. Днепропетровск, Украина

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РОЛИ ПОРОД ЗОНЫ АЭРАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

A.V. Pavlichenko¹, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.,
A.A. Kroik², Dr. Sci. (Geol.), Prof.

1 – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: artem241@ukr.net

2 – Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine

GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE ROLE OF AERATION ZONE ROCKS IN POLLUTION OF GROUND WATERS BY HEAVY METALS

Цель. Изучение механизмов физико-химических процессов, протекающих в системе „породы зоны аэрации – сточные воды“ при фильтрации шахтных вод из прудов-накопителей.

Методика. Для отобранных проб пород зоны аэрации выполнен гранулометрический анализ, анализ минерального состава, химический анализ, включающий изучение состава водорастворимого комплекса пород. Содержание микроэлементов в породах определяли по содержанию водорастворимых и кислоторастворимых форм металлов.

Результаты. Получены параметры сорбции тяжелых металлов породами, позволяющие прогнозировать степень загрязнения подземных вод. В породах зоны аэрации происходит концентрирование следующих токсичных элементов: свинец, цинк, медь, кобальт, хром и кадмий. По степени сорбции из системы „породаствор“ металлы в порядке убывания образуют следующий ряд: Pb > Cu > Cr > Zn > Fe > Ni > Cd > Co > Mn. В системе „породы зоны аэрации – сточные воды“ происходят процессы, которые в условиях антропогенной нагрузки приводят к изменению ионно-солевого и микрокомпонентного состава пород. Одновременно происходит значительная трансформация не только пород, но и химического состава инфильтрующихся сточных вод, что приводит к уменьшению концентрации тяжелых металлов, поступающих в подземные воды, и повышению экологической безопасности подземных вод в зоне расположения прудов-накопителей.

Научная новизна. Установлено что породы зоны аэрации служат геохимическим барьером, задерживающим поступление тяжелых металлов из прудов-накопителей в подземные воды. Эффективность процессов поглощения металлов зависит от pH среды, химических свойств металла, его концентрации и минерального состава пород. Выявлена важная роль карбонатных минералов кальция в сорбции тяжелых металлов.

Практическая значимость. Установленные закономерности сорбционных свойств пород зоны аэрации позволяют разрабатывать эффективные способы снижения загрязнения подземных вод тяжелыми металлами в зоне размещения прудов-накопителей. Породы зоны аэрации могут использоваться в качестве геохимического барьера, на котором могут концентрироваться компоненты-загрязнители, поступающие из прудов-накопителей, и тем самым способствовать снижению степени загрязнения подземных вод в горнодобывающих районах.

Ключевые слова: пруды-накопители, подземные воды, зона аэрации, тяжелые металлы

Постановка проблемы. Современное экологическое и социально-экономическое состояние Украины определяет актуальность постоянного внимания к

обеспечению экологической безопасности государства [1]. Проблема экологической безопасности может быть решена только при комплексном геоэкологическом подходе, научные основы которого состоят в исследованиях физико-химических процессов, ко-

торые участвуют в формировании ореолов загрязнения таких объектов геосистем как почвы, поверхностные и подземные воды.

Промышленные агломерации являются постоянными источниками поступления в окружающую среду значительного количества веществ техногенного происхождения. В настоящее время отсутствует классификация, которая отражает специфику влияния хозяйственной деятельности предприятий на рассеивание и концентрацию химических элементов, которые попадают в окружающую среду, в том числе тяжелых металлов – приоритетных загрязнителей на промышленных территориях [1, 2].

Выделение нерешенной проблемы. Необходима информация не только о классах опасности тяжелых металлов, количестве их поступления, а, главным образом, о способности экосистем, которые образовались на промышленных территориях и перешли в техноэкосистемы, к восстановлению геохимической среды за счет ее защитных свойств. Экологическая ситуация, которая сложилась в Украине, требует решения проблемы оценки грунтовой толщи как естественного геохимического барьера на пути миграции тяжелых металлов. Проблема изучения и оценки защитных свойств геологической среды по отношению к загрязнению тяжелыми металлами на промышленных территориях решена недостаточно.

Экологическая ситуация, которая сложилась на территориях промышленных агломераций, требует внедрения первоочередных мероприятий, которые бы обеспечивали минимизацию и предупреждение загрязнения тяжелыми металлами объектов окружающей среды. Поэтому актуальным в решении проблемы минимизации загрязнения геосистем является проведение специальных исследований.

В решении этой проблемы значительное место отводится защите природных вод. Это связано с тем, что на территории Украины эксплуатируется 2735 фильтрующих накопителей сточных вод, размещено более 25 млрд т. промышленных отходов угольных, горнодобывающих, металлургических, химических, энергетических предприятий, которые являются постоянными источниками загрязнения природных вод тяжелыми металлами [3–5].

В большинстве работ [6,7], связанных с оценкой загрязнения подземных вод, недостаточно изучены вопросы физико-химического взаимодействия в системе „сточные воды – породы зоны аэрации“. Получение параметров такой системы в условиях техногенной нагрузки является сложной задачей. В то же время, отсутствие геохимических параметров реальных систем, испытывающих влияние техногенной нагрузки, может привести либо к неоправданно высоким затратам на инженерные мероприятия, либо к тому, что предпринятые меры по снижению загрязнения не дадут ожидаемых результатов вследствие того, что загрязнение произойдет не теми компонентами и не в те сроки, которые прогнозируются.

Исследованиями, выполненными авторами [7], доказано, что в зоне расположения прудов-накопи-

телей сточных вод происходит загрязнение как поверхностных, так и подземных вод тяжелыми металлами. Степень загрязнения природных вод определяется не только условиями поступления компонентов-загрязнителей, но и интенсивностью протекания целого ряда физико-химических процессов, таких как миграция, сорбция, аккумуляция. Эти процессы могут иметь разнонаправленный характер. Необходим учет масштабов и определение закономерностей этих процессов в условиях техногенеза, что позволит достоверно прогнозировать состояние экологической безопасности природных вод. Минимизировать и предупреждать загрязнения природных вод тяжелыми металлами при хранении жидких отходов в отстойниках или прудах-накопителях сточных вод можно за счет инженерных мероприятий, для разработки которых требуется установление закономерностей, происходящих в системе „сточные воды – породы – зоны аэрации – подземные воды“.

Научной основой для разработки способов снижения и минимизации загрязнения подземных вод тяжелыми металлами является определение буферных свойств разных по литологическому составу пород по отношению к тяжелым металлам.

Формулирование цели работы. Целью исследований является оценка и параметризация процессов, протекающих в системе „породы – зоны аэрации – подземные воды“ в зоне расположения прудов-накопителей шахтных вод угледобывающих предприятий.

Постановка данных исследований не позволяет полностью воспользоваться готовыми разработками, известными методиками и подходами. Это связано с разнообразием пород, которые слагают грунтовую толщу, широким спектром компонентов, входящих в химический состав стоков разных отраслей промышленности, а также условиями хранения отходов. Для создания общетеоретических основ и установления закономерностей физико-химических процессов, которые протекают в изучаемой системе, необходима оценка буферных свойств пород.

В связи с тем, что непрерывное движение подземных вод делает невозможным достижение состояния химического равновесия в системе „порода – вода“, но с учетом незначительной скорости движения подземных вод, можно предположить, что состав поровых растворов приближается к состоянию равновесия. На состав фильтрующихся стоков оказывает влияние также неоднородность твердой фазы. Все эти факторы делают необходимым проведение специальных исследований в лабораторных условиях, что позволит достоверно оценить процессы поглощения породой тех или иных компонентов в точно контролируемых границах физико-химических параметров породы и воды, исключить влияние непредвиденных факторов.

Изложение основного материала. Лабораторные исследования проводились для проб почвогрунтов зоны аэрации, отобранных из скважин, расположенных вблизи прудов-накопителей шахтных вод Запад-

ного Донбасса. В качестве фоновых были взяты образцы, отобранные вне зоны влияния пруда-накопителя.

Для отобранных проб пород был выполнен гранулометрический анализ, анализ минерального состава, химический анализ, включающий изучение состава водорастворимого комплекса пород. Содержание в породах микроэлементов определяли по оценке водорастворимых и кислоторастворимых форм металлов.

Результаты гранулометрического анализа пород выявили, что распределение фракций по величине и по содержанию имеет следующие диапазоны, %: фракция 0,005-0,001 от 2,73 до 9,34; фракция 0,01-0,005 от 1,71 до 7,92; фракция 0,05-0,01 от 4,48 до 24,93 и фракция 0,25-0,05 от 32,49 до 61,16. Содержание глинистой фракции в изученных породах не превышает 30 %.

Солевой и микрокомпонентный состав шахтных вод в прудах-накопителях получен по данным многолетних мониторинговых исследований, которые позволили оценить роль шахтного водоотлива в формировании химического состава подземных вод в зоне влияния прудов-накопителей шахтных вод. Пруды-накопители шахтных вод в Западном Донбассе построены в глубоких эрозионных врезках на территории шахтных полей. При создании прудов-накопителей были использованы естественные овраги без строительства специальных экранов, при этом устья оврагов были перекрыты дамбами из отвальных шахтных пород. При этом происходит постоянная фильтрация шахтных вод из прудов-накопителей, что может вызывать изменение химического состава подземных вод. Качественный состав водной фракции из пород зоны аэрации представляет собой растворы, содержащие те же компоненты, которые присутствуют в воде пруда-накопителя.

Результаты анализа водных вытяжек их пород показали, что породы зоны аэрации различаются величиной солесодержания как по площади, так и по глубине. Наименее засоленными являются верхние горизонты, представленные черноземом. Содержание солей в породах в интервале глубин от 0 до 1 м изменяется в широком диапазоне от 0,055 до 0,134%. Ниже по профилю, по мере перехода к суглинистым породам, наблюдается рост солесодержания, которое в максимуме достигает 0,5%. По мере того, как толща суглинков сменяется песком, содержание солей резко снижается до 0,15%.

Был оценен солевой состав пород и установлено, что пробы пород отличаются не только величиной солесодержания, но и типом засоления. Сравнение солесодержания и типа засоления пород зоны аэрации с содержанием солей на фоновых участках показало, что в зоне расположения прудов-отстойников сточных вод произошло изменение типа засоления четвертичных отложений таким образом, что в породах увеличилось содержание хлорида натрия и гипса. Механизм этих изменений может быть объяснен влиянием прудов-отстойников, в которых содержание хлор-иона и иона натрия достигает 50%. По-

этому тип засоления песчано-глинистых отложений вблизи пруда-отстойника стал хлоридно-натриевым. Установлено, что наиболее интенсивное засоление четвертичных отложений наблюдается в непосредственной близости от пруда-отстойника сточных вод и превышает фоновое в 3-5 раз. На участках контакта песчано-глинистых четвертичных отложений с известняками и доломитами произошло увеличение степени загипсованности пород.

Таким образом, можно предположить, что процесс взаимодействия шахтных вод с водовмещающими породами сопровождается трансформацией состава подземных вод в результате таких процессов как осаждение, сорбция и гетерогенный обмен катионов. За счет этих процессов будет происходить не только изменение солесодержания, но и снижение концентрации микрокомпонентов. Выяснение вопроса о техногенном изменении пород за счет физико-химических процессов имеет существенное значение при объяснении особенностей миграции микрокомпонентов и степени загрязнения ими подземных вод различных водоносных горизонтов.

Из перечисленных физико-химических процессов наиболее существенную роль в миграции микроэлементов играют процессы сорбции. Это подтверждается тем, что в подземных водах содержание микроэлементов ниже равновесных. Экспериментальное определение сорбционных свойств пород зоны аэрации проводилось статическим методом. Для изучения сорбции использовали однокомпонентные растворы, содержащие свинец, медь, цинк, кадмий, кобальт, никель, марганец, хром и железо в концентрациях от 1 до 10 мг/дм³, а также многокомпонентные растворы.

Исследования выполняли для наиболее отличающихся типов грунтов – это почвы и суглинки. Установлено, что образцы пород содержат карбонаты кальция и магния, но в почве содержание карбонатов магния превышает содержание карбоната кальция, а в породах его содержание в 1,5-2 раза выше содержания карбоната магния.

Результатами анализов солянокислых вытяжек установлено, что содержание микроэлементов в породах зоны аэрации в зоне пруда-отстойника составляет, мг/кг: железо от 4074 до 13083; марганца от 43 до 507; цинка от 10 до 44; никеля от 6 до 26; хрома от 9 до 44; свинца от 5 до 19; кобальта от 4 до 15; меди от 6 до 15; кадмия от 0,5 до 1,2. Значительная концентрация ионов железа в опробованной толще пород, достигающая в среднем 7260 мг/кг, связана с поступлением этого компонента из воды прудов-отстойников и соответствующим осаждением его на щелочном барьере. В значительных количествах концентрируется также марганец. Особый интерес представляет концентрирование в породах зоны аэрации таких токсичных элементов как свинец, цинк, медь, кобальт, хром и кадмий. Величина коэффициента концентрирования, рассчитанная по отношению к содержанию элементов в аналогичных литологических разностях на фоновом участке, находится в диапазоне от 2 до 6.

Таким образом, результаты лабораторных исследований показали потенциальную возможность пород зоны аэрации выступать в качестве геохимического барьера, на котором могут концентрироваться компоненты-загрязнители, поступающие из отстойников, и, тем самым, способствовать снижению степени загрязнения подземных вод тяжелыми металлами в зоне пруда-отстойника.

Полученные результаты явились основанием для выполнения исследований по изучению сорбционных свойств пород, слагающих зону аэрации, по отношению к тяжелым металлам. Была установлена зависимость сорбционных свойств пород зоны аэрации от минерального состава пород, а также от физико-химических характеристик водной фазы, таких как рН раствора, концентрация металла в растворе и тип сорбируемого металла. Изучена также кинетика сорбции. Исследования состояли в том, что экспериментальным путем на двух образцах, отличающихся минералогическим составом, изучили сорбцию следующих приоритетных для данных стоков компонентов-загрязнителей: свинца, меди, цинка, кадмия, марганца.

Установлено, что для однокомпонентных растворов, содержащих медь, свинец, цинк, кадмий, зависимость величины сорбции ионов металлов от рН имеет следующий характер: в кислой области рН (до рН=2) сорбционная емкость пород низкая, в диапазоне рН от 2 до 3,5 наблюдается резкий подъем сорбционной способности пород и значения сорбционной емкости увеличиваются в 4–8 раз в зависимости от типа металла. Кривая зависимости сорбции от рН достигает максимума при рН=5, дальнейшее увеличение рН не вызывает существенного изменения сорбционной емкости. Таким образом, на зависимость сорбции изученных металлов от рН основное влияние оказывают ионы водорода, которые, вследствие своей подвижности, конкурируют с ионами сорбируемых металлов, так что для цинка и кадмия в первые шесть часов с момента начала опыта происходит увеличение концентрации металлов в растворах.

Зависимость сорбции катионов из многокомпонентных растворов от рН отличается от процессов сорбции в однокомпонентных растворах. Особенностью сорбции из многокомпонентных растворов, содержащих ионы свинца, меди, никеля, кобальта, цинка, хрома, кадмия, марганца и железа, является то, что в области рН=2–3 сорбируются только ионы свинца и меди. Одновременно в этом же диапазоне рН происходит вымывание из породы марганца, железа и хрома, при этом концентрация металла в растворе увеличивается в два–три раза. При этом в кислых средах снижается скорость сорбции и количество сорбируемого металла уменьшается для меди в 6 раз, а для свинца – в 10 раз. Ионы марганца из кислых растворов не сорбируются. С повышением рН раствора, содержащего изучаемые металлы, сорбция имеет тенденцию к увеличению. Установленные закономерности позволяют сделать вывод о

том, что одним из параметров, контролирующим динамику и кинетику сорбции изученных металлов, является кислотно-основной показатель раствора (рН). Основным же параметром, характеризующим величину сорбции, является концентрация металла в растворе. Для изученных металлов она имеет вид кривой насыщения и описывается уравнением Ленгмюра.

$$N=n \cdot K_f \cdot C/L + K_f \cdot C.$$

Выполненные расчеты параметров изотерм сорбции микроэлементов из нейтральных растворов, полученные в экспериментах для однокомпонентных и многокомпонентных систем, представлены в таблице.

Таблица
Коэффициенты изотерм адсорбции для однокомпонентных и многокомпонентных нейтральных растворов

Элемент	№ пробы	Параметры сорбции из растворов			
		однокомпонентных		многокомпонентных	
		K _f	n	K _f	n
Pb	1	2,44	0,43	5,55	0,79
	6	1,42	0,87	1,04	2,38
	12	2,55	0,63	1,06	2,78
Cu	1	4,77	1,04	8,65	2,65
	6	1,62	0,61	2,30	1,16
	12	2,77	1,98	1,03	2,78
Zn	1	1,44	1,44	5,86	2,67
	6	2,01	1,43	4,08	1,56
	12	1,16	1,78	4,76	3,55
Cd	1	2,08	1,05	5,35	2,37
	6	6,15	2,61	3,27	1,18
	12	1,92	0,50	3,51	2,52
Mn	1	4,85	1,51	3,19	2,28
	6	3,13	1,70	1,85	2,47
	12	4,98	1,85	3,16	2,50

Сравнение параметров изотерм сорбции металлов в кислых и нейтральных растворах показывает, что величина сорбции зависит от начального и равновесного значения рН. Это объясняется различными формами существования ионов металлов в зависимости от кислотно-основного показателя растворов, из которых металлы сорбируются. Так, при рН<6 в растворе преобладают ионы [Me]ⁿ⁺ и [Me Cl]ⁿ⁺, а при рН>6,5 – преобладают гидратные комплексы типа [MeOH]ⁿ⁺. Значения коэффициентов (K_f), характеризующих адсорбцию изученных ионов металлов, для начального рН=6,5 и конечного рН в диапазоне 7,5–8,2, уменьшаются в ряду: Pb>Cu>Zn>Cd>Mn. Эти величины для ионов металлов, сорбирующихся

из однокомпонентных растворов, в 2–5 раз, а иногда и на порядок выше значений для смеси металлов, имеющей в составе одновременно 5 компонентов. Коэффициент n для смеси компонентов имеет более высокие значения, что соответствует уменьшению величины сорбции породой ионов металла из многокомпонентного раствора.

Выводы, полученные по расчетам изотерм сорбции в координатах $lgN-lgC_p$, подтверждаются данными экспериментальных исследований по кинетике сорбции из однокомпонентных систем (рис. 1).

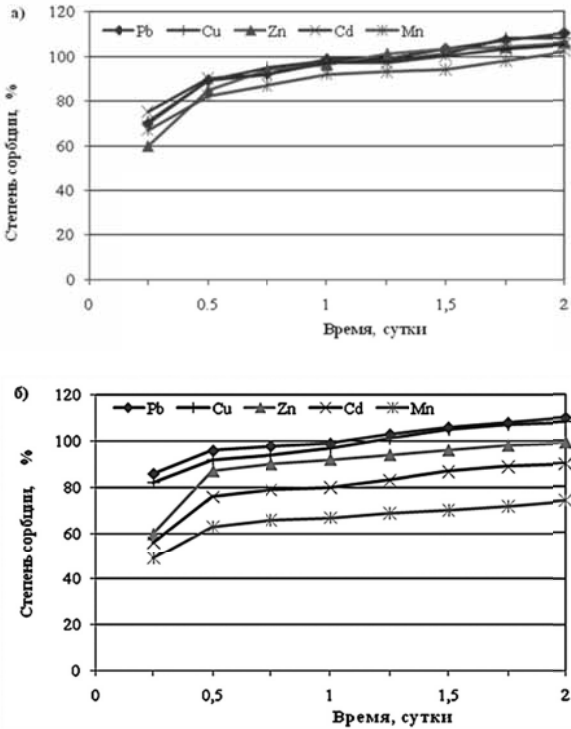


Рис. 1. Динамика извлечения тяжелых металлов из раствора в однокомпонентной системе: а – концентрация, мг/дм³ Pb=20,2; Cu=8,33; Zn=4,87; Cd=4,91; Mn=11,51; б – концентрация, мг/дм³ Pb=2,0; Cu=5,38; Zn=4,85; Cd=5,75; Mn=10,30

Зависимость величины сорбционной емкости от времени для многокомпонентных систем приведена на рис. 2.

Характер процесса сорбции в различные периоды времени значительно изменяется. Так в начальный период (от 30 до 60 мин) величина поглощения металла резко возрастает, а в интервале от 24 до 24 часов плавно увеличивается. В интервале от 24 до 48 час сорбция изменяется лишь на 3–5%, приближаясь к максимальному значению.

Скорость процесса сорбции ионов свинца, меди и цинка из растворов с нейтральным значением pH достаточно велика. Так за двое суток свинец, медь и цинк сорбировались из растворов практически полностью. Ионы марганца и кадмия при этом сорбируются медленнее, и за двое суток не наблюдается полной сорбции.

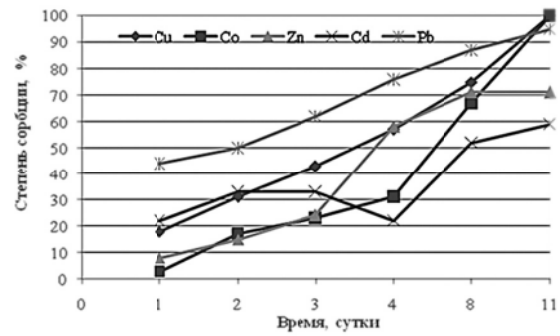


Рис. 2. Динамика извлечения тяжелых металлов из раствора в многокомпонентной системе

Сопоставление результатов сорбции свинца, меди, цинка, кадмия и марганца из однокомпонентных растворов и из многокомпонентных, где присутствуют те же ионы и в тех же концентрациях, позволяет сделать вывод, что полностью и достаточно быстро из такой системы сорбируются ионы свинца и меди, а сорбция ионов цинка, кадмия и марганца замедляется.

Особенностью сорбции из многокомпонентных систем является то, что количество сорбированных металлов уменьшается в 1,2–1,5 раза по сравнению с величиной сорбции этих же ионов металлов из однокомпонентных растворов.

По степени сорбции из системы „порода – раствор“ металлы в порядке убывания образуют следующий ряд: Pb > Cu > Cr > Zn > Fe > Ni > Cd > Co > Mn.

Выводы и перспективы развития направления. Таким образом, натурными наблюдениями и лабораторными исследованиями доказано, что породы зоны аэрации служат геохимическим барьером, задерживающим поступление тяжелых металлов в подземные воды. Тяжелые металлы закрепляются в породах практически необратимо. Эффективность этих процессов поглощения металлов зависит от pH среды, химических свойств металла, его концентрации и минерального состава пород. Среди минеральных составляющих пород, повышающих сорбцию, важную роль играют карбонатные минералы кальция. В системе „породы – зоны аэрации – сточные воды“ происходят процессы, которые в условиях антропогенной нагрузки приводят к изменению ионно-солевого и микрокомпонентного состава пород. Одновременно происходит значительная трансформация не только пород, но и химического состава инфильтрующихся сточных вод, что приводит к уменьшению концентрации тяжелых металлов, поступающих в подземные воды, и повышению экологической безопасности подземных вод в зоне расположения прудов-отстойников.

Список литературы / References

1. Яковлев Є.О. Сучасні фактори національної безпеки України при формуванні мінерально-сировинної бази / Є.О. Яковлев // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – К., 2005. – № 5. – С. 84–91.
 Yakovlev, Ye.O. (2005), “Modern national security factors of Ukraine in the formation of mineral resources”,

Ekolohia dovkillia ta bezpeka zhyttiediyalnosti, Kyiv, no. 5, pp. 84–91.

2. Оцінка ступеню екологічного ризику територій промислово-гірських агломерацій забрудненням важкими металами / Е.Я. Жовинський, І.В. Кураєва, А.І. Радченко, В.Ж. Білик // Поисковая и экологическая геохимия. – К., 2003. – № 2/3. – С. 96–101.

Zhovynskiy, E.Ya., Kurayeva, I.V., Radchenko, A.I. and Bilyk, V.Zh. (2003), “Assessment of the environmental risk areas of industrial and mining agglomerations polluted by heavy metals”, *Poiskovaya i ekologicheskaya geokhimiya*, Kyiv, no. 2/3, pp. 96–101.

3. Воеводин Н.В. Региональные проблемы экологической безопасности при горнопромышленном производстве в Украине / Н.В. Воеводин // Экология докільля та безпека життєдіяльності. – К., 2006. – № 1. – С. 5–16.

Voevodin, N.V. (2006), “Regional problems of environmental safety of the mining production in Ukraine”, *Ekolohia dovkillia ta bezpeka zhyttiediyalnosti*, Kyiv, no.1, pp. 5–16.

4. Gorova, A., Pavlychenko, A. and Kulyna, S. (2012), “Ecological problems of post-industrial mining areas”, *Geomechanical processes during underground mining*. Leiden, The Netherlands: CRC Press, Balkema: pp. 35–40.

5. Воробьев А.Е. Оценка воздействия горного производства на окружающую среду / А.Е. Воробьев, Е.В. Казакова // Безопасность жизнедеятельности. – М., 2002. – № 5. – С. 25–28.

Vorobyev, A.Ye. and Kazakova, Ye.V. (2002), “Assessment the impact of mining on the environment”, *Bezopasnost zhiznedeyatelnosti*, Moscow, no. 5, pp. 25–28.

6. Krupskaya, L.T., Bubnova, M.B., Zvereva, V.P. and Krupskiy, A.V. (2012), “Characteristics of mining-ecological monitoring of environmental objects changing under the influence of toxic waste tailing dump (“Solnechny GOK” Company)”, *Environmental Monitoring and Assessment*, May 2012, Vol. 184, Issue 5, pp. 2775–2781

7. Горова А.І. Фізичне моделювання процесу осадження завислих речовин у діючому макеті відстійника для очистки шахтних вод / А.І. Горова, В.Є. Колесник, Д.В. Кулікова // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 3. – С. 92–98.

Horova, A.I., Kolesnik, V.Ye. and Kulikova, D.V. (2012), “Physical modeling of precipitation process of the suspended materials in physical model of sedimentation tank for mine water treatment”, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 4, pp. 92–98.

Мета. Вивчення механізмів фізико-хімічних процесів, що протікають у системі „породи зони аерації – стічні води“ при фільтрації шахтних вод зі ставків-накопичувачів.

Методика. Для відібраних проб порід зони аерації виконаний гранулометричний аналіз, аналіз мінерального складу, хімічний аналіз, що включає вивчення складу водорозчинного комплексу порід. Вміст мікроелементів у породах визначали за вмістом водорозчинних та кислоторозчинних форм металів.

Результати. Отримано параметри сорбції важких металів породами, що дозволяють прогнозувати ступінь забруднення підземних вод. У породах зони аерації відбувається концентрація наступних токсичних елементів: свинець, цинк, мідь, кобальт, хром і кадмій. За ступенем сорбції з системи „порода – розчин“ метали в порядку убування утворюють наступний ряд: Pb> Cu> Cr> Zn> Fe> Ni> Cd> Co> Mn.

У системі „породи – зони аерації – стічні води“ відбуваються процеси, що в умовах антропогенного навантаження призводять до зміни іонно-солевого та мікрокомпонентного складу порід. Одночасно відбувається значна трансформація не тільки порід, але й хімічного складу стічних вод, що інфільтруються, що призводить до зменшення концентрації важких металів у підземних водах та підвищує екологічну безпеку підземних вод у зоні розташування ставків-накопичувачів.

Наукова новизна. Встановлено, що породи зони аерації служать геохімічним бар'єром, що затримує надходження важких металів зі ставків-накопичувачів до підземних вод. Ефективність процесів поглинання металів залежить від рН середовища, хімічних властивостей металу, його концентрації та мінерального складу порід. Виявлено важливу роль карбонатних мінералів кальцію в сорбції важких металів.

Практична значимість. Встановлені закономірності сорбційних властивостей порід зони аерації дозволяють розробляти ефективні способи зниження забруднення підземних вод важкими металами в зоні розташування ставків-накопичувачів. Породи зони аерації можуть використовуватися як геохімічний бар'єр, на якому можуть концентруватися компоненти-забруднювачі, що надходять зі ставків-накопичувачів, і тим самим сприяти зниженню ступеня забруднення підземних вод у гірничодобувних районах.

Ключові слова: ставки-накопичувачі, підземні води, зона аерації, важкі метали

Purpose. Investigation of the physical and chemical mechanism of processes occurring in the system of ‘aeration zone rocks – waste water’ during filtration of mine water from ponds.

Methodology. For the selected samples of aeration zone rocks the particle size, mineral structure and chemical composition were analyzed, including the study of the water-soluble minerals complex composition. The content of trace elements in the rocks was determined by the content of water-soluble and acid-soluble forms of metals.

Findings. We have determined the parameters of rock sorption of heavy metals. This allows us to predict the degree of groundwater contamination. The following elements are concentrated in the aeration zone rocks: lead, zinc, copper, cobalt, chromium and cadmium. According to the level of sorption in the system ‘rock-solution’ the metals can be put in the following order: Pb>Cu>Cr>Zn>Fe>Ni>Cd>Co>Mn. In the system ‘aeration zone rocks – waste water’ there are processes that under anthropogenic stress lead to the change of ion-salt

and micro-component content of rocks. At the same time there is a significant transformation of the chemical composition of infiltrating waste water. The heavy metals concentration decreases before the water reaches the groundwater horizons and the environmental friendliness of groundwater in the area of ponds rises.

Originality. We have found that the aeration zone rocks serve as geochemical barrier that reduces inflow of heavy metals from the ponds into the groundwater. The efficiency of metal absorption depends on pH and mineral composition of rock and chemical properties and concentration of each metal. The important role of the calcium carbonate minerals in the sorption of heavy metals has been determined.

Practical value. The regularities of the sorption in the aeration zone rocks allow developing the effective ways of reduce of groundwater contamination by heavy metals in the zone of ponds location. Aeration zone rocks can be used as a geochemical barrier, which concentrates contaminants from the ponds, and thereby contribute to reducing of the pollution of groundwater in mining areas.

Keywords: *ponds, groundwater, aeration zone rocks, heavy metals*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.Є. Колесником. Дата надходження рукопису 16.01.13.

УДК 622.457.36

**В.И. Голинько, д-р. техн. наук, проф.,
И.О. Лутс**

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: golinko@nmu.org.ua

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОСЫПЕЙ ПРИ РАБОТЕ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

**V.I. Golinko Dr. Sci. (Tech.), Professor,
I.O. Luts**

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: golinko@nmu.org.ua

STUDY OF SPILLAGE FORMATION DURING OPERATION OF BELT CONVEYOR

Цель. Изучение налипания марганцевой руды на конвейерную ленту, определение основных факторов, влияющих на процессы взаимодействия глинистых частиц с рабочей поверхностью ленты. Изучение интенсивности отложения просыпей и определение минимально допустимого временного промежутка между их уборкой при транспортировании марганцевой руды ленточным конвейером. А также исследование зависимости повышения запыленности воздуха от наличия просыпей в подленточном пространстве.

Методика. Методика промышленных исследований заключалась в выборе и обозначении замерных площадок через равные расстояния по длине конвейерного става. Расстояния между соседними роликкооперами на верхней ветви составляет 1,4 м, а на нижней ветви 2,8 м. Замерные площадки выбирались под обеими ветвями конвейера, причем ширина замерной площадки принималась равной ширине листов перекрытия, а длина равной шагу роликкоопор. При этом фиксировалось время работы конвейера и его производительность, учитывалась эффективность работы очистных устройств. Производились еженедельные взвешивания количества просыпей на замерных площадках.

Результат. Определены зависимости интенсивности отложения просыпей: B_x/A_k и B_p/A_k – отношение массы просыпей с одного квадратного метра холостой и рабочей ветви конвейера соответственно к его производительности. Математической обработкой этих данных установлены эмпирические зависимости, позволяющие определить суточную интенсивность просыпания как функцию длины конвейерной ленты.

Научная новизна. Заключается в том, что была изучена интенсивность отложения просыпей в подленточном пространстве конвейера.

Практическая значимость. Разработана методика, позволяющая определить интенсивность образования просыпей по длине конвейера в зависимости от его производительности, ширины ленты, степени эффективности очистки и центровки ленты, установить их влияние на концентрацию пыли в воздухе и прогнозировать периодичность уборки.

Ключевые слова: *конвейер, образование просыпей, атмосфера, налипание руды, источники пылеобразования*

Постановка проблемы. Опыт эксплуатации ленточных конвейеров в шахтах Марганецкого ГОКа показывает, что происходит процесс залипания

вращающихся частей (роликов, барабанов) и транспортной ленты. Наиболее рациональным способом борьбы с залипанием ленточных конвейеров является профилактический метод, заключающийся в предотвращении или значительном уменьшении