



УДК 504.4.054:556.114.6

Г.А. ЗАГОВОРА, начальник отдела, **Д.В. БРАВКОВ**, главный геолог, **Д.А. ЗЕЛЕНЮК**, геолог

Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Энергосталь» (ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГИДРОСФЕРЫ ПРИ ИХ СКЛАДИРОВАНИИ В ОТВАЛАХ

Приведены результаты комплексных (лабораторных и натурных) исследований процессов выщелачивания металлургических шлаков при их взаимодействии с фильтрационным потоком для двух вариантов: в стывших шлаках и в горячих [в том числе огненно-жидких]. Представлена проблема изучения загрязнения поверхностных вод сероводородом, выделившимся при взаимодействии огненно-жидких доменных шлаков с водой при их грануляции и термодроблении.

Ключевые слова: шлаки, отвалы, гидросфера, фильтрат, выщелачивание, загрязнение, концентрации, микрокомпоненты, макрокомпоненты, газовыделение, сероводород.

Доменные и мартеновские шлаки, уложенные в заводские планировочные насыпи и складированные в отвалах, частично застроены, а частично относятся к резервным территориям для расширения производства. Будучи продуктами термических процессов, шлаки относятся к системам с нарушенным равновесием, нестойким в обычных термодинамических условиях.

Как и природные образования, при взаимодействии с поверхностными и подземными водами они выщелачиваются, формируя в местах выхода из отвалов на днев-

ную поверхность гидрохимические ореолы рассеивания и загрязняя гидросферу пограничной с ними территории. Наиболее интенсивно эти процессы протекают при высоких температурах. Все эти и другие особенности отвальных шлаков не до конца изучены и могут отрицательно влиять на состояние промышленных объектов и окружающей природной среды.

Металлургические шлаки представляют собой сложную многокомпонентную систему, содержащую включения металлов и газов.

Таблица 1 – Химический состав отвалных шлаков ряда металлургических предприятий

№ п/п	Наименование	Содержание компонентов в % по массе									
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	S	MnO	FeO	P ₂ O ₅
1	Мартеновский – Донецксталь – МЗ	34,0	0,63	9,30	37,90	5,91	не опр.	2,16	9,16	0,94	не опр.
2	Мартеновский – МК «Запорожсталь»	16,96	4,88	3,85	37,81	11,94	0,89	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
3	Мартеновский – Алчевский МК	24,96	10,20	5,55	31,42	12,61	1,14	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
4	Доменный – Енакиевский МЗ	38,68	не опр.	7,21	45,84	5,59	не опр.	2,00	0,28	0,41	не опр.
5	Доменный – Магнитогорский МК	38,2	не опр.	14,5	39,17	6,16	не опр.	0,54	0,85	0,70	не опр.
6	Доменный – Мариупольский МК	37,2	не опр.	11,97	42,0	1,92	не опр.	2,10	5,08	0,72	не опр.
7	Доменный – Тульский МЗ	39,75	не опр.	6,36	46,79	1,05	не опр.	2,23	4,19	0,50	не опр.

Приведенные данные (табл. 1) свидетельствуют о том, что состав шлаков зависит от ряда факторов: состав исходной шихты и кокса, марка выплавляемого металла и способ его производства. Также различны между собой доменные шлаки украинских метпредприятий (юга бывшего СССР) и российских. Для первых характерно повышенное содержание CaO при более низком содержании SiO₂ (модуль основности несколько больше единицы), для вторых характерно повышенное содержание кремнезема, что делает их более устойчивыми к выщелачиванию водными потоками. Кроме того, в мартеновских шлаках установлено присутствие малых компонентов (ванадий, никель, медь, цинк, стронций, цирконий, барий) в количестве тысячных и сотых долей процента.

Изучение минералогического состава шлаков показывает, что они состоят из силикатов и алюмосиликатов кальция и магния, ферритов и алюмоферритов кальция, алюминатов и некоторых других минералов. Перечисленные минералы практически не растворимы в воде. Однако возможен переход некоторых химических компонентов из состава шлаков в раствор в результате

химического взаимодействия шлаковых минералов с водой и углекислотой.

Экспериментальные изучения влияния мартеновских шлаков на показатели качества воды в лабораторных условиях выполнены ВНИИВОДГЕО [1] путем систематического контроля концентрации основных загрязняющих компонентов в растворе, который на протяжении 27 суток фильтровался через экспериментальную колонну, заполненную мартеновскими шлаками разных предприятий. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Лабораторные исследования показали, что, по сравнению с исходной водой, в фильтрате повышаются концентрации железа, алюминия, хрома, меди (мартеновские шлаки МК «Азовсталь»). Кроме того, в фильтрате существенно возрастает величина pH, появляются нитриты и аммиак. Концентрация сульфатов, хлоридов и общей минерализации увеличивается незначительно.

Аналогичные лабораторные исследования выщелачивания шлаков по заданию ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» были выполнены ВНИИВОДГЕО для шлаков доменного производства МК «Запорожсталь» [2]. В результате этих исследований установлено, что процесс выщела-

Таблица 2 – Состав компонентов в исходной воде и после эксперимента

	pH	Сухой остаток	Концентрации, мг/дм ³											
			Cl	SO ₄	Fe ²⁺³⁺	Mn	Cu	Zn	Al	Ni	NO ₃	NO ₂	NH ₃	PO ₄
ПДК	6,5–8,5	1000,0	350,0	500,0	0,30	0,1	1,0	1,0	0,5	0,1	45,0	3,3	2,0	
исх.	7,00	660,0	55,0	103,0	0,05	н/о	0,02	н/о	н/о	н/о	6,0	н/о	н/о	0,32
Л1	9,01	625,0	195,0	129,0	0,18	н/о	0,04	н/о	н/о	н/о	6,1	0,060	н/о	0,27
Л2	8,70	636,0	52,0	102,0	0,10	н/о	н/о	н/о	0,11	н/о	6,3	0,013	н/о	0,31
Л3	8,40	762,0	54,0	117,0	0,10	н/о	н/о	н/о	0,11	н/о	5,8	0,004	0,07	0,25
Л4	10,50	648,0	57,0	106,0	0,30	н/о	н/о	н/о	0,08	н/о	5,1	0,020	н/о	н/о
Л5	8,20	736,0	53,0	108,0	0,10	н/о	н/о	н/о	0,04	н/о	5,6	0,030	0,7	0,22

Л1 – Мартеновский – МК «Азовсталь»; Л2 – Мартеновский – МК «Запорожсталь» (выход); Л3 – Мартеновский – МК «Запорожсталь» (отвал); Л4 – Мартеновский – Алчевский МК (выход); Л5 – Мартеновский – Алчевский МК (отвал)



чивания доменных шлаков происходит аналогично выщелачиванию мартеновских шлаков, но более контрастно и интенсивно. В первые сутки эксперимента в воде возрастает величина pH, достигая наибольших значений (10,2–10,4) на 14–20 сутки фильтрации. В первые сутки в фильтрате резко (в 3–4 раза) возрастает концентрация ионов кальция и одновременно снижается содержание магния. Возрастает в фильтрате и концентрация серосодержащих соединений – содержание сульфидов достигает в первые минуты контакта шлака с водой величины более 100 мг/л и к концу третьей недели фильтрации снижается до 2–7 мг/л, удерживаясь на этом уровне до конца эксперимента. В фильтрате увеличивается содержание азота различных форм, в т.ч. ионов аммония. Однако этот процесс характерен только для начального периода эксперимента.

Полевые исследования выщелачивания мартеновских шлаков в отвале выполнены специалистами ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» на площадке Полежаковских шлаковых отвалов в г. Донецке. Отвалы сложены преимущественно мартеновскими шлаками, остальные виды отходов присутствуют в виде примесей.

Наблюдения и исследования выщелачивания мартеновских шлаков проведены по пробам, отобранным на постах режимной наблюдательной сети, обустроенной на площадке шлаковых отвалов и прилегающей к ним территории.

Особенностью исследуемой площадки является наличие природного водотока – притока № 7, который в прежние годы протекал по территории отвалов по днищу балки, впадающей в реку Кальмиус. В настоящее время приток № 7 в среднем течении погребен под отвалом, стоки, обогащенные продуктами выщелачивания шлаков, в основании откоса отвала каптируются мелкими родниками и источниками. Приток № 7 на выходе из отвала образует гидрохимический ореол рассеяния.

Мартеновский шлак в отвал поступал дробленным, охлажденным. Свежие мартеновские шлаки состоят из темно-серых до черных пористых плотных кусков с максимальным размером до 200 мм при значительном количестве (от 20 до 60 %) мелких фракций (до 2 мм) и пыли (менее 0,2 мм). Участки отвала 30–40-летней давности отсыпаны сепарированными, более дробленными разностями, с повышенным содержанием песчаной и пылевой фракций. По зерновому составу мартеновские шлаки относятся к крупнообломочным щебенистым грунтам. Структура мартеновских шлаков – полнокристаллическая, неравномернозернистая, пористая. Поры закрытые, форма их неправильная, размер 0,1–5,0 мм и более. Основными структурными фазами являются двух- и трехкальциевые силикаты, двухкальциевые ферриты,

RO-фаза, свободная известь. Двухкальциевый силикат содержит в виде твердого раствора магний, марганец, железо и другие стабилизирующие примеси. По минералогическому составу кусковые сепарированные и несепарированные шлаки практически не отличаются. При этом по шлаковым минералам могут развиваться новообразования, которые представлены гидросиликатами, реже – гидроалюмосиликатами и гидроалюминатами кальция. Минералы вторичного происхождения кристаллизуются спорадически. Но в отдельных случаях их количество достигает 30–35 %. Обогащенные солями металлов, их подвижные формы при определенных условиях могут переходить в фильтрат даже при кратковременном взаимодействии с водой.

В химическом составе основными составляющими являются CaO и SiO₂ (табл. 1).

Результаты исследований приведены для трех постов, характеризующих: ПЗ – фоновые концентрации элементов на входе притока № 7 в шлаковый отвал; П6 – состав отвалных вод на выходе из отвала и П9 – состав вод притока № 7 в 800 м ниже по течению от выхода из отвала (рис. 1).

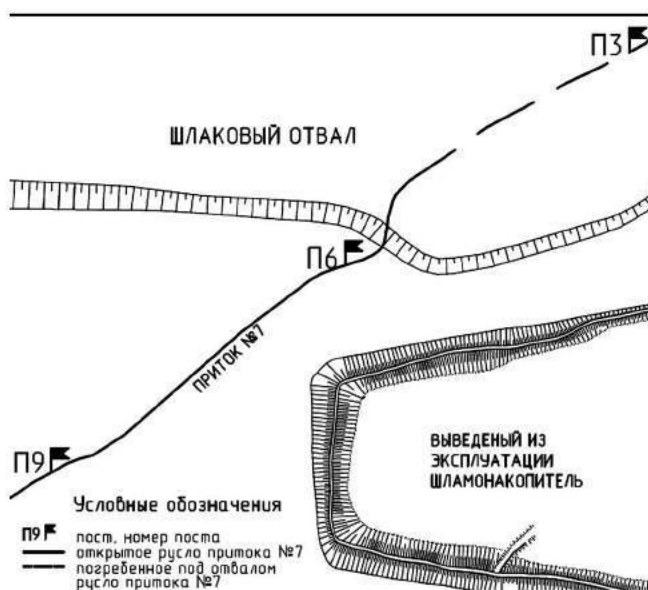


Рисунок 1 – Схема расположения наблюдательных постов

В результате исследований было установлено:

- в местах каптирования отвалных вод поверхность покрыта минеральными новообразованиями: агрегаты мелких зерен преимущественно карбонатного состава, в очень небольшом количестве гидросиликаты кальция и реликтовые минералы, в составе агрегатов присутствует сульфидная фаза;
- стоки имеют запах сероводорода.

Изменения концентрации основных макрокомпонентов и микроэлементов по наблюдательным постам приведены в табл. 3 и 4.

У стоков (по сравнению с фоновыми значениями):

- повышена минерализация – переходят в группу соленых;
- повышена щелочность (рН=11,9) – переходят в подгруппу весьма щелочных;
- аномально высокие концентрации сульфат-иона и особенно хлор-иона при полном замещении гидрокарбонатов карбонат-ионами;
- аномально высокие концентрации щелочных металлов, особенно калия, при пониженных концентрациях магния;
- хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый тип минерализации взамен гидрокарбонатно-сульфатного магниево-натриево-кальциевого;
- повышенные концентрации некоторых металлов, для фтора с превышением ПДК и лития до уровня ПДК.

Высокая степень загрязнения ореольных вод фиксируется преимущественно по органолептическим показателям (общая минерализация, жесткость, содержание сульфатов) и превышающим ПДК концентрациям марганца.

По результатам опробования на посту П9, ореольные воды практически восстанавливают свой исходный (фоновый) солевой состав и тип минерализации. Сохраняется повышенная общая минерализация, высокая концентрация сульфатов и ионов натрия. Из микроэлементов высокие концентрации сохраняет только фтор, привнесенный, вероятно, из других источников.

Приведенные результаты лабораторных и полевых исследований выщелачивания мартеновских шлаков показали, что изменение параметров фильтратов из шлаков в лабораторных и полевых условиях происходит аналогичным образом. При этом в отвале процесс изме-

нения состава концентраций в результате выщелачивания шлаков более «глубокий», а насыщение фильтрата продуктами выщелачивания происходит более контрастно, чем в лабораторных условиях. Объясняется это, прежде всего, более значительными объемами шлаков, через которые происходит фильтрация стоков, выносящих загрязняющие элементы из отвала.

При этом существуют примеры реализации простых и надежных решений, ограничивающих или не допускающих загрязнение гидросферы продуктами выщелачивания шлаковых отвалов. На участке Ближних Полежаковских шлаковых отвалов ЗАО «Донецксталь» – МЗ» русло одного из притоков р. Кальмиус было взято в тоннель, чем был ограничен непосредственный контакт поверхностных вод со шлаками. Систематический мониторинг состояния поверхностных вод указанного притока показал низкий уровень загрязнения вод, при этом соблюдались санитарные нормы по концентрации основных загрязняющих компонентов. Аналогичное решение по защите поверхностных вод притока № 7 предусматривается ТЭО развития шлаковых отвалов ЗАО «Донецксталь» – МЗ».

Процесс взаимодействия воды с горячими огненно-жидкими доменными и мартеновскими шлаками изучен недостаточно. Известно, что при таком взаимодействии происходит выщелачивание загрязняющих компонентов по схеме, сходной с установленной для выщелачивания холодных шлаков. Отличительной особенностью горячих шлаков является способность к газовыделению – этот процесс изучен прежде всего в аспекте загрязнения атмосферы токсичными газами.

Известно, что доменные шлаки имеют пористую структуру за счет выделения газов в огненно-жидком состоянии и в период кристаллизации. Установлено, что в реакциях газообразования могут участвовать растворенные в силикатном расплаве азот, сера, водород и угле-

Таблица 3 – Состав макрокомпонентов по постам ПЗ, П6, П9

	рН	Сухой остаток	NH ₄	Макрокомпоненты, мг/дм ³									
				K	Na	Ca	Mg	NO ₂	NO ₃	Cl	SO ₄	HCO ₃	
ПДК	6,5–8,5	1000,0			200,0				3,3	45,0	350,0	500,0	
ПЗ	7,8	2240,2	4,05	6,5	253,1	241,3	130,9	0,04	12,0	159,7	1075,8	422,1	
П6	11,9	3179,5	4,7	161,0	584,1	312,4	14,9	0,18	9,6	418,8	1462,9	–	
П9	7,79	2800,0	0,37	17,6	513,5	204,4	129,7	0,09	4,25	284,6	1411,1	352,0	

Таблица 4 – Состав микроэлементов по постам ПЗ, П6, П9

	Микроэлементы, мг/дм ³											
	Li	Ba	Ti	Pb	Hg	Cr	Sr	F	Co	Ni	Cd	Bi
ПДК	0,03	0,1	0,1	0,03	0,0005	0,05	7	0,2	0,1	0,1	0,001	0,1
ПЗ	<0,02	0,3	<0,004	0,002	0,00003	0,007	2,9	0,17	<0,003	0,007	0,001	0,026
П6	0,03	0,07	0,003	<0,003	0,00002	0,026	2,1	0,21	0,003	0,005	<0,001	<0,02
П9	<0,02	<0,1	0,003	<0,001	0,0001	<0,01	1,5	0,30	<0,001	0,002	<0,001	<0,02



род. Предполагалось, что азот присутствует в форме нитритов кремния и алюминия, сера – в виде сульфида кальция, углерод – в свободном виде и в виде карбидов. В результате взаимодействия этих веществ с металлами переменной валентности, присутствующими в шлаке, водой, кислородом происходит образование различных газообразных продуктов реакции, состав и количество которых зависит от многих условий (концентрации и соотношения этих примесей, окислительно-восстановительных условий, температуры твердения шлаков).

Наиболее подробно в литературе освещен процесс десульфурации шлака при его грануляции [3, 4, 5]. При прямом взаимодействии воды и воздуха на шлаковый расплав сульфиды шлака разлагаются с образованием сероводорода и сернистого газа. На интенсивность этого процесса влияют следующие факторы: интенсивность слива шлака, температура шлака и воды, поступающей на грануляцию; щелочность воды; вязкость шлака; содержание в шлаке оксидов металлов с переменной валентностью.

Установлено, что температура парогазовых выбросов в момент слива составляет 70–110 °С, степень десульфурации в зависимости от различных факторов составляет 2–30 %.

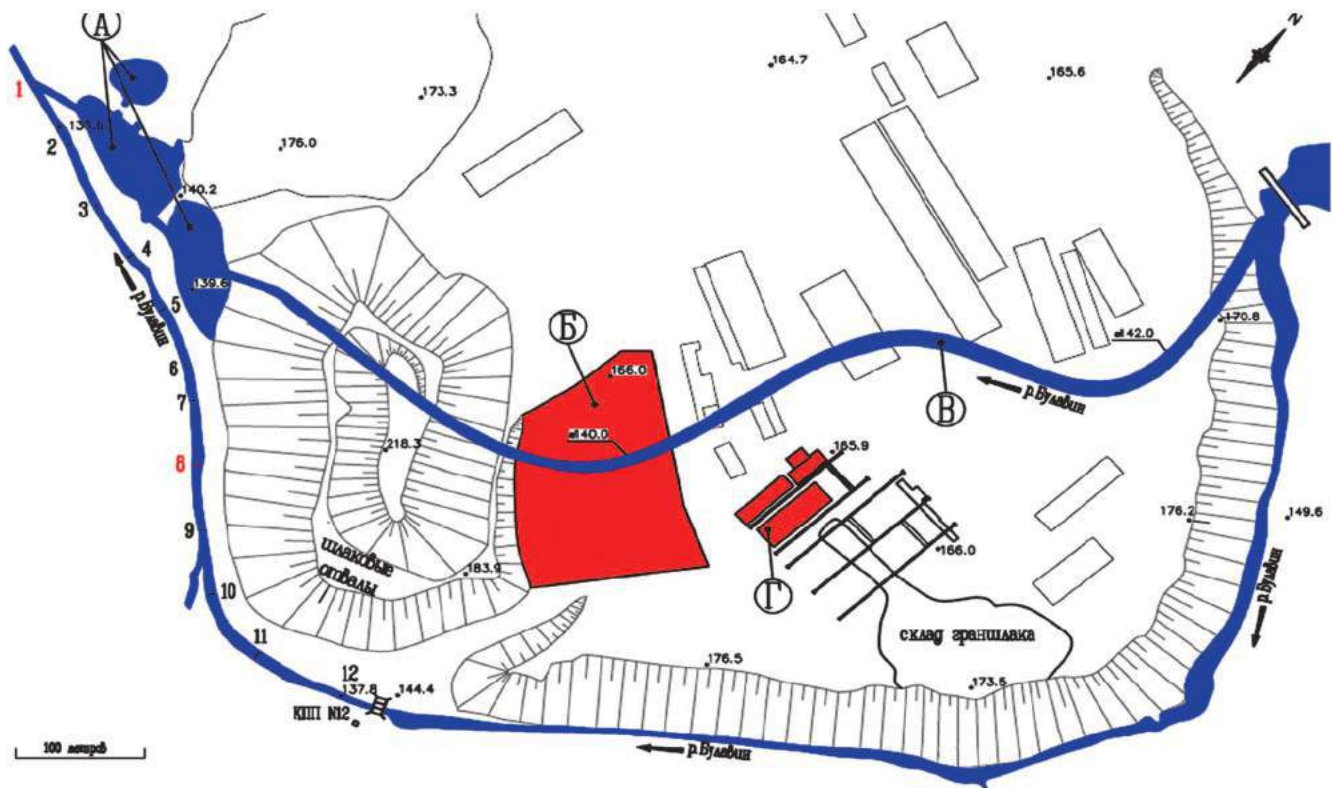
Натурные исследования газовой выделения из доменных шлаков на участке постов слива огненно-жидких шлаков МК «Запорожсталь» провели с привлечением

специалистов ВНИИВОДГЕО [2]. Газовые пробы отбирали из скважин по профилю вкрест фронта слива шлаков. В состав контролируемых компонентов входили: сероводород, сернистый газ и серная кислота. Отбор газовых проб осуществлялся аспирационными методами с использованием универсального газоанализатора УГ-2 и газоанализатора ГХ, а также вакуумированием в колбы с поглотителем для последующего количественного определения ингредиентов воздуха.

Таблица 5 – Результаты исследований газовых проб из скважин

№ скв.	Температура на устье скв., °С	Средние концентрации, мг/м³		
		H ₂ SO ₄	H ₂ S	SO ₂
ПДК рабочей зоны		1,0	10,0	10,0
1	22,5	1,15	н/обн.	н/обн.
2	71,3	1,25	112,50	242,0
3	47,6	1,07	79,0	141,9
4	13,5	0,35	н/обн.	н/обн.
5	5,0	0,20	н/обн.	н/обн.
6	31,0	0,25	н/обн.	2,50

Анализ полученных результатов (табл. 5) выявил четкую зависимость изменений концентраций всех компонентов по профилю в зависимости от расстояния от источника.



А – отстойники сернистых вод, Б – участок зашения шлака, В – старое русло реки Булавин, Г – гранустановка

Рисунок 2 – План промплощадки

При больших масштабах процесс газовой выделения из шлаков может явиться источником загрязнения окружающей природной среды. Выделившиеся сернистые газы загрязняют не только атмосферный воздух, но и, легко растворяясь в воде, используемой в технологическом цикле грануляции и гашения шлака, при определенных обстоятельствах становятся источниками загрязнения гидросферы. Примером такого процесса является загрязнение сероводородом (сернистым фильтратом) реки Булавины на территории промзоны г. Енакиево (Донецкая область).

Река на территории города Енакиево протекает по южной окраине промплощадок металлургического и коксохимического заводов в основании шлакового отвала. По категории водопользования в черте города река относится к категории водоемов культурно-бытового назначения, предельное содержание сероводорода в которых регламентируется действующими санитарными нормами на уровне с водоемами хозяйственно-питьевого назначения [6]. Следует отметить, что критерий оценки опасности загрязнения сероводородом поверхностных вод на сегодняшний день представляется неоднозначным. Первые ограничения по содержанию сероводорода в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения были приняты в СССР в 1991 г. Основываясь исключительно на концентрации сероводорода, при которой начинает проявляться его неблагоприятное влияние на органолептические свойства воды (вкус и запах), была внесена предельно допустимая концентрация (ПДК) сероводорода 0,003 мг/л, которая действует на территории Украины и сегодня [7]. Одновременно в литературе имеются данные о токсическом воздействии сероводорода на водные организмы (рыбы, дафнии и т.д.), которое начинает проявляться

при концентрации сероводорода в сотни раз выше ПДК (0,5–1,0 мг/л) [8, 9]. Однако и при таких концентрациях воздействие на организмы собственно сероводорода и вызванного им дефицита кислорода в водной среде не разделено. Токсическое действие сероводорода на организм человека до сегодняшнего дня не установлено, в связи с чем в санитарных нормах отсутствует ПДК сероводорода, установленная по токсикологическому признаку вредности.

Специалистами ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»» выполнено обследование русла реки, гидрохимическая и гидротермическая съемка русла реки по наблюдательным постам на участке общей длиной порядка 600 м. Работы выполнены с целью выявления основных зон поступления сернистого фильтрата в реку и количественной оценки загрязнения речных вод сероводородом. Результаты гидрохимических и гидротермических исследований приведены в табл. 6.

Установлено, что на всем исследуемом участке общей длиной порядка 600 м от поста 1 до поста 12 речные воды имеют концентрацию сероводорода от 1,04 до 3,83 мг/л (превышение ПДК в 350–1250 раз) и не характерную для данного района и периода года температуру – 25–30 °С. В районе постов 1 и 8 (рис. 2) были выявлены обильные мочажины и нисходящие источники, выклинивающиеся с речных бортов в русло реки. Источники постоянные, малodeбитные (0,1–1,0 л/с), теплые на посту 1 и горячие на посту 8 (свыше 37 °С). Вода в мочажинах и источниках на посту 1 имеет концентрацию сероводорода около 30 мг/л, на посту 8 – до 90 мг/л (30 000 ПДК).

Основными вероятными источниками образования сероводорода и его дальнейшей фильтрации в реку

Таблица 6 – Результаты гидрохимических и гидротермических исследований

№ постов	Объект	t, °C	pH	Сухой остаток	Концентрации, мг/л		
					SO ₄	Cl	H ₂ S
1	река	25,0	7,42	1919,0	779,2	316,6	1,0
	источник	21,7	10,64	3394,0	1153,0	761,53	30,98
2	река	24,0	7,52	1938,0	828,8	331,1	1,04
3	река	24,1	7,65	1920,0	771,5	348,5	1,04
4	река	23,9	7,62	1900,0	774,4	329,5	1,04
5	река	23,8	7,30	1901,0	777,5	349,7	1,74
6	река	24,1	7,45	1906,0	765,8	319,5	1,0
7	река	23,2	7,36	1922,0	837,8	364,2	1,04
	источник	28,0	10,32	4018,0	1619,7	827,7	89,50
8	река	26,1	7,41	1920,0	723,8	723,8	3,83
	источник	37,0	10,73	4510,0	1436,0	976,7	67,30
9	река	27,5	7,51	2018,0	818,1	447,0	3,83
10	река	28,6	7,35	2066,0	864,1	413,9	3,80
11	река	28,8	7,61	2094,0	796,8	415,7	3,83
12	река	29,8	6,92	2084,0	848,5	496,6	3,83



Булавины являются участки, где происходит контакт огненно-жидких доменных шлаков с водой. К таким объектам на промплощадке метзавода отнесена гранустановка и участок гашения шлаков (рис. 2, поз. Б, Г).

Анализ выполненных исследований показывает, что существуют две наиболее вероятные схемы поступления загрязненных сероводородом вод в реку Булавины:

- по старому руслу реки Булавины (рис. 2, поз. В) – транзитом через отстойники сернистых вод;
- непосредственно от участка гашения шлака – через шлаковый отвал.

Содержание сероводорода в отстойниках сернистых вод в 47–92 мг/л может свидетельствовать о том, что речные воды, фильтрующиеся по старому руслу реки, на площадке метзавода и шлаковых отвалов пополняются загрязненными сероводородом технологическими утечками, которые, смешавшись с речными водами, поступают в отстойники. Часть сернистого фильтрата перехватывается в отстойниках и откачивается насосной станцией, а часть, вероятно, продолжает фильтроваться по старому руслу до его впадения в нынешнюю реку Булавины.

В пользу этого предположения свидетельствуют выявленные на посту 1 мочажины и источники с концентрацией сероводорода до 30 мг/л.

Выявленный источник поступления сернистого фильтрата на посту 8, вероятнее всего, имеет отношение к зоне непосредственной фильтрации загрязненных сероводородом вод после гашения доменных шлаков через шлаковый отвал в реку. В пользу этого предположения свидетельствует аномально высокая температура воды (до 37 °С) с концентрацией сероводорода до 90 мг/л в мочажинах и источниках, выявленных на этом участке.

ВЫВОДЫ

Приведенные примеры изучения воздействия металлургических шлаков на окружающую среду показывают, что при определенных условиях шлаковые отвалы могут быть потенциальным очагом загрязнения поверхностных и подземных вод.

Проявлению негативного воздействия шлаков на гидросферу способствуют такие факторы, как непосредственный контакт отвалов с поверхностными водотоками или наличие мощного источника выноса загрязняющих веществ из отвала в водоем.

Кроме того, полученные данные показали, что наибольшую опасность для гидросферы представляют горячие огненно-жидкие доменные шлаки, при контакте воды с которыми температура выступает в качестве катализатора, способствующего выщелачиванию и газо-выделению загрязняющих веществ из шлаков.

Так как металлургическое производство является одним из наиболее водоемких и расположено, как правило, вблизи поверхностных водоемов, изучение особенностей металлургических шлаков является залогом последующего обеспечения и сохранения нормативного состояния поверхностных вод прилегающих территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка рекомендаций по использованию сталеплавильных шлаков металлургических заводов УССР в промышленном гидротехническом строительстве : отчет о НИР (промежут.) : 10–11 / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии ; рук. Саратов И.Е. ; исполн. : Свиренко Л.П. и др. – Х., 1983. – 70 с. – Библиогр.: с. 50–52. – № ГР 80040820.
2. Исследование шлаков, укладываемых в основание кислородно-конвертерного цеха комбината «Запорожсталь», при взаимодействии с грунтовым потоком : отчет о НИР (заключ.) : 52–89 / Всесоюз. науч.-исслед. и конструкторско-технологический ин-т водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии ; рук. Ремизов В.И. ; исполн. : Брыгинец Е.Д. и др. – Х., 1991. – 87 с. – Библиогр.: с. 69–72. – № ГР 0191001502.
3. Школьник, Я.Ш. Сокращение выбросов сернистых газов при грануляции доменных шлаков / Я.Ш. Школьник // Сталь. – 1985. – № 1. – С. 93–95.
4. Савченко, М.О. Экологические аспекты грануляции доменного шлака. 1. Влияние параметров грануляции шлака на газовыделение / М.О. Савченко, О.П. Мыслов, С.Г. Калашников, М.В. Соловьев, А.Ю. Кондратьев // Вопросы химии и технологии. – 2010. – № 1. – С. 141–144.
5. Сенник, А.И. Образование выбросов сероводорода при внепечной грануляции доменных шлаков / А.И. Сенник, С.В. Милюков, О.Б. Прошкина // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2008. – № 3. – С. 75–79.
6. СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.complexdoc.ru/ntd/487990>.
7. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження списків і введення в дію гігієнічних регламентів (ГДК та ОБРВ) у повітрі робочої зони, атмосферному повітрі населених місць та (ОДР) у воді водоймищ». № 336 від 21.11.1997 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1039.1790.0>.
8. Грушко, Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах / Я.М. Грушко. – Л. : Химия, 1979. – 160 с.

10. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V–VIII групп : справ. изд. / А.Л. Бандман, Н.В. Волкова, Т.Д. Грехова и др. ; под ред. В.А. Филова и др. – Л. : Химия, 1989. – 592 с.
11. **ОСТ 41-05-263-86.** Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре. – М. : ВСЕГИНГЕО, 1986. – 12 с.
12. Временное методическое руководство по проведению комплексных эколого-геологических исследований на территории Украины. – К. : ГГП.Геопрогноз, 1994. – 331 с.
13. **Гольдберг, В.М.** Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / В.М. Гольдберг. – М. : Недра, 1984. – 262 с.
14. **Бочеввер, Ф.М.** Гидрогеологическое обоснование защиты подземных вод и водозаборов от загрязнений / Ф.М. Бочеввер, А.Е. Орадовская. – М. : Недра, 1972. – 128 с.

Поступила в редакцию 10.04.2012

Наведено результати комплексних (лабораторних і натурних) досліджень процесів вилужнювання металургійних шлаків при їх взаємодії з фільтраційним потоком для двох варіантів: в стилих і в гарячих шлаках (у тч. вогняно-рідких). Висвітлено проблему вивчення забруднення поверхневих вод сірководнем, що виділився при взаємодії вогняно-рідких доменних шлаків з водою під час їх грануляції та термороздрібнення.

The article shows results of all-round (laboratory and field) studies of leaching slag at its interact with seepage flow for two options: in chilled and hot slag (including fire-liquid). The problem of surface water pollution by hydrogen sulfide released under interaction of fire-liquid blast-furnace slag with water at its granulation and thermocrushing is given.