

## ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Пугин К. Г., Вайсман Я. И., Волков Г. Н., Мальцев А. В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО "Пермский национальный исследовательский политехнический университет", Министерство образования и науки РФ, Пермь, Россия (614990, Пермь, ГСП, Комсомольский просп., д.29), e-mail: 123zzz@rambler.ru

Металлургический шлак в строительстве применяют довольно продолжительное время, при этом на первое место ставятся физико-механические свойства получаемых продуктов, экологическому вопросу использования данных продуктов уделяется недостаточное внимание. Для понимания экологической составляющей приведены сравнение физико-механических и химических свойств щебня разного происхождения и шлака. В статье приводятся данные по миграции тяжелых металлов из строительных материалов в модельные среды. В качестве модельных сред выбраны дистиллированная вода и ацетатный буфер. Для исследования выбраны металлы: ванадий, марганец, титан, железо. Установлено, что кривые миграции тяжелых металлов имеют ярко выраженный экстремальный характер. Наиболее активно миграция происходит в кислой среде. Исследования позволяют сделать вывод об экологической опасности применения металлургического шлака в строительной отрасли.

Ключевые слова: строительные материалы, экология, тяжелые металлы, миграция, отходы, металлургия.

## DETERMINATION OF THE NEGATIVE ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDING MATERIALS CONTAINING METALLURGICAL WASTES

Pugin K. G., Vaysman Ya. I., Volkov G. N., Maltsev A. V.

<sup>1</sup>State National Research Politechnical University of Perm, Perm, Russia (614990, Perm, Komsomolsky ave., 29), e-mail: 123zzz@rambler.ru

Steelslag used in construction for quite some time, while in the first place the physical and mechanical properties of the resulting products, environmental issues, the use of these products is neglected. To understand the environmental components show a comparison of physico-mechanical and chemical properties of crushed stone and slag of different origin. The article presents data on the migration of heavy metals from construction materials in the modeling environment. As a model of media selected distilled water and acetate buffer. To study these selected metals: vanadium, manganese, titanium, and iron. It is established that the curves of migration of heavy metals have a pronounced extreme character. The most active migration occurs in an acidic environment. Studies suggest about the environmental risk of slag in the construction industry.

Key words: building materials, environment, heavy metals, migration, waste, iron and steel.

### Введение

На предприятиях черной металлургии образуется большое количество твердых отходов, пригодных для использования в качестве исходных компонентов при производстве строительных материалов. К ним можно отнести доменные, мартеновские, сталеплавильные и ваграночные шлаки, осадки сточных вод, пылевидные отходы систем газоочистки. Складирование, хранение и захоронение данных отходов является крупной экономической и экологической проблемой [2, 4, 5]. Отходы черной металлургии могут замещать щебень, минеральный порошок, песок, выступать в качестве вяжущего материала. Щебень используется при строительстве дорожных оснований, в укреплении грунтов и приготовлении асфальтобетонных и цементобетонных смесей. Шлак в строительстве применяют довольно продолжительное время, при этом на первое место ставятся физико-

механические свойства получаемых продуктов, экологическому вопросу использования данных продуктов уделяется недостаточное внимание.

### Цель исследования

В дорожном строительстве наиболее часто отходы металлургии используют в виде щебня. Для понимания экологической опасности применения шлакового щебня необходимо выявить основное негативное экологическое воздействие на окружающую среду. Для его установления необходимо сравнение физико-механических и химических свойств щебня разного происхождения и определить миграцию тяжелых металлов в модельные среды.

### Материал и методы исследования

В качестве объекта исследования выступают отходы черной металлургии – шлаки. Основное направление использования шлаков – это использование их в качестве балластного заполнителя в дорожном строительстве взамен природному щебню.

Природный щебень делится на гранитный, гравийный и известняковый. Основные физико-механические показатели щебня различного происхождения приведены в табл. 1[1].

Таблица 1. Основные физико-механические показатели щебня различного происхождения

Показатели щебня	гранитный	гравийный	известняковый	шлаковый
Марка прочности (М)	1200-1400	800-1200	400-1000	600-1200
Морозостойкость (F)	300-400	200-300	50-150	50-200
Лещадность	2 и 3 группа	2 и 3 группа	2 и 3 группа	2 и 3 группа
Радиоактивность	1 класс	1 класс	1 класс	1 класс
Насыпная плотность т/м <sup>3</sup>	1,32–1,39	1,35 — 1,45	1,26 — 1,32	1,23-1,46

Доменные и сталеплавильные шлаки по физико-механическим характеристикам полностью удовлетворяют требованиям ВСН 38-90 и могут быть использованы для дорожного строительства в качестве материала для строительства основания дорожной одежды или входить в состав цементобетонной смеси при устройстве цементобетонных оснований или покрытий.

Сравнение химического состава шлаков черной металлургии различного происхождения приведены в табл. 2[3].

Таблица 2. Химический состав щебня из металлургического шлака

Фракция, мм	Массовая доля, %										
	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Cr
	Гранулированный шлак										
	0,25	-	35,5	36,8	10,8	11,7	0,3	1,13	-	-	-
	Доменный шлак										
10		1,54	36,58	38,14	6,86	11,78	0,16	1,14	0,2	0,506	0,015

20		1,40	36,29	38,50	6,76	12,17	0,18	1,17	0,21	0,494	0,015
40		0,76	36,67	39,27	6,86	11,56	0,14	0,98	0,25	0,418	0,020
70		0,59	37,61	39,63	7,07	11,26	0,13	0,75	0,23	0,463	0,016
120		1,95	35,60	36,80	7,58	12,90	0,13	1,20	0,24	0,460	0,016

Химический состав шлаков во многом зависит от того, какой чугун или сталь получают при плавке. Дополнительно шлаки могут содержать медь, ванадий, свинец, цинк и их оксиды.

По содержанию основных компонентов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ) и физико-механическим свойствам шлаковый щебень подобен гравийному, который широко используют для получения бетонов различной прочности. В отношении магния, титана и ванадия, если исключить разновидности шлаков, специально обогащенные этими элементами, не обнаруживается большой разницы в их содержании, по сравнению с изверженными породами. В отдельных случаях наблюдается большое сходство в химизме шлаков и основных магматических пород, в особенности некоторых богатых глиноземом базальтов, а также габбро.

При кажущемся химическим сходством природного и шлакового щебня шлаковый содержит больше водорастворимых и подвижных форм окислов металлов, которые при некоторых условиях эксплуатации изделий могут мигрировать в окружающую среду и приводить к загрязнению тяжелыми металлами литосферу и гидросферу.

Тяжелые металлы (ТМ) – биологически активные металлы, оказывающие отрицательное воздействие на физиологические функции человека, биоты и состояние жизнеобеспечивающих природных сред. В соответствии с классификацией Н. Реймерса, тяжелыми следует считать металлы с плотностью более  $8 \text{ г/см}^3$ : Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Для определения оценки экологической опасности шлакового щебня в Пермском национальном исследовательском политехническом университете были проведены исследования эмиссий тяжелых металлов, содержащихся в шлаке (ванадий, титан, марганец и железо), в модельные среды. В качестве модельных растворов с учетом возможных областей использования шлакового щебня (строительство дорог, бетоны) были выбраны дистиллированная вода и ацетатно-аммонийный буферный раствор ( $\text{pH}=4,8$ ), имитирующий агрессивные среды. Опыты проводили в статическом режиме в течение 30 суток при соотношении – шлак : раствор – 1:2. Результаты исследования эмиссий ТМ в дистиллированную воду представлены на рис.1.

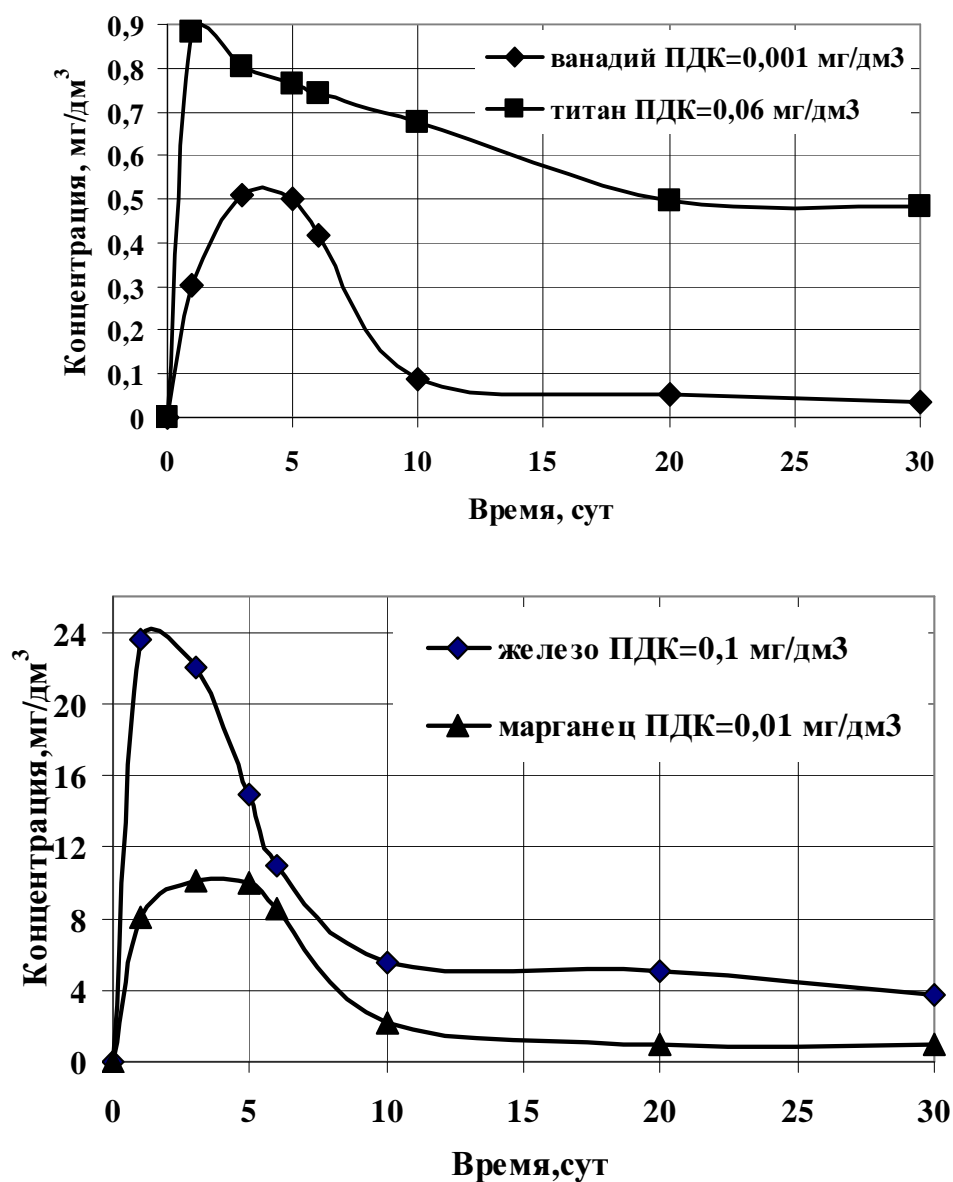


Рис. 1. Миграция ионов ТМ из шлакового щебня в дистиллированной воде

Установлено, что кривые выщелачивания ТМ имеют ярко выраженный экстремальный характер, что можно объяснить следующим образом. В первые 1–5 суток наряду с ионами ТМ происходит выделение из образцов ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , сульфидов, приводящее к повышению рН среды и образованию труднорастворимых гидроксидов и сульфидов ТМ, которые осаждаются на поверхности частиц щебня и предотвращают дальнейшую эмиссию металлов в модельные среды.

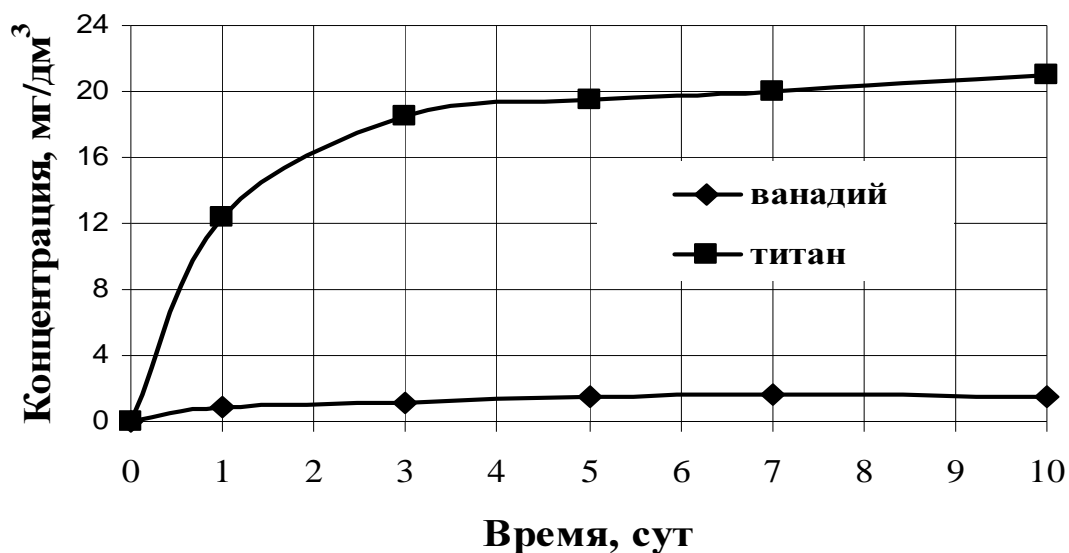


Рис. 2. Миграция ионов ТМ из шлакового щебня в ацетатно-аммонийном буферном растворе

Выщелачивание ТМ из образцов шлакового щебня в аммонийно-ацетатный буферный раствор, имитирующий агрессивные среды (рис. 2), происходит по экспоненциальной зависимости.

Расчетами установлено, что в дистиллированной воде через 30 суток доля экстрагированных металлов из шлакового щебня составила для железа – 9,6 %, для марганца – 4,9 %, для титана – 2,5 % , для ванадия – 0,27 %.

### Выводы

Проведенные экспериментальные исследования по выявлению и оценке закономерностей миграции тяжелых металлов в случае использования металлургических шлаков в качестве щебня для дорожного строительства показали, что данный щебень будет производить загрязнение близлежащей территории тяжелыми металлами. Это загрязнение будет проходить активнее в кислых почвах. В связи с этим необходимо брать во внимание условия эксплуатации материалов, содержащих шлаковый щебень.

### Список литературы

1. Защита подземных вод от загрязнения / Ф. М. Бочевер, Н. Н. Лапшин, А. Е. Орадовская. – М.: Недра, 1979. – 254 с.
2. Оценка риска как инструмент социально-гигиенического мониторинга / Б. А. Кацнельсон [и др.]. – Екатеринбург: АМБ, 2001. – 244 с.

3. Пугин К. Г. Негативное воздействие шлаковых отвалов черной металлургии на объекты окружающей среды на примере города Чусового // Экология урбанизированных территорий. – 2011. – №2. – С.46-47.
4. Пугин К. Г. Снижение экологической нагрузки на водные объекты при размещении не утилизированных отходов предприятий черной металлургии // Вода и Экология: проблемы и решения. – 2008. – №4. – С.57-61.
5. Пугин К. Г. Оценка влияния шлаковых отвалов предприятий черной металлургии на водные объекты на примере Чусовского металлургического завода // Водоснабжение и канализация. – 2009. – №2. – С. 25-27.

Рецензенты:

Долгих Олег Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом иммунобиологических методов диагностики, ФГУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь.

Уланова Татьяна Сергеевна, доктор биологических наук, профессор, заведующая отделом химико-аналитических методов исследования, ФГУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь.