

## Охрана окружающей среды

УДК 621.742.434

### Литейное производство как элемент системы техносфера — биосфера

*Иванова Л. А., Прокопович Л. В.**Одесский государственный политехнический университет*

Предложен новый подход к исследованию системы литейного производства с целью повышения его экологической безопасности. Проанализированы результаты комплексного мониторинга литейных отвалов. Предложена методика биологической детоксикации продуктов деструкции пенополистироловой модели. Рассмотрена возможность использования отработанных литейных смесей в качестве вторичного сырья в строительстве.

**Ключевые слова:** литейное производство, мониторинг литейных отвалов, биологическая детоксикация, деструкция пенополистироловой модели.

Запропоновано новий підхід до дослідження системи ливарного виробництва з метою підвищення його екологічної безпеки. Проаналізовано результати комплексного моніторингу ливарних відвалів. Запропоновано методику біологічної детоксикації продуктів деструкції пенополістиролової моделі. Розглянуто можливість використання відпрацьованих ливарних сумішей як вторинної сировини у будівництві.

**Ключові слова:** ливарне виробництво, моніторинг ливарних відвалів, біологічна детоксикація, деструкція пенополістиролової моделі.

На современном этапе перед литейным производством остро стоит проблема повышения экологической безопасности. Сейчас в литейном производстве применяется более 100 технологических процессов изготовления форм и стержней, более 40 видов связующих, более 300 противогрибковых покрытий. Это привело к тому, что в воздухе рабочей зоны встречается до 50 вредных веществ, регламентированных санитарными нормами. При производстве 1 т чугуна выделяется 10–30 кг пыли, 200–300 кг оксида углерода, 1–2 кг оксидов азота и серы, 0.5–1.5 г фенола, формальдегида, ароматических углеводородов, цианидов и других вредных веществ; в водный бассейн поступает до 3 м<sup>3</sup> загрязненных сточных вод; в отвал вывозится 0.7–1.2 т отработанных смесей [1].

В то же время накоплен огромный опыт в разработке очистительных установок и сооружений, утилизации отходов, освоении новых экологически чистых материалов, совершенствовании технологических процессов и т.д. Однако решить проблему повышения экологичности литейного производства не удается. Традиционные подходы в решении этой проблемы оказываются неэффективными.

Следовательно, нужно искать новые подходы, методы и даже взгляды на такой объект исследования, как литейное производство. В свете современных представлений о биосфере и ноосфере литейное производство можно рассматривать как элемент системы биосфера — техносфера.

Литейное производство, выступая в качестве элемента системы техносфера — биосфера,

является неэкологичным по двум основным причинам. Существует конфликт между циклическим безотходным характером биогенных процессов обмена веществ и энергии в биосфере и линейным, с огромными затратами сырья, характером производства. Имеют место противоречия между комплексностью природы и узконаправленным способом использования ее ресурсов.

Решение первой проблемы лежит в сфере поиска безотходных, ресурсосберегающих технологий и в попытке вписаться в природные циклы обмена веществ. Для решения второй проблемы предлагается подход, основанный на восприятии промышленного объекта в комплексе с окружающей средой.

Для машиностроительных предприятий привлечение комплексного подхода обусловлено не только тем, что любая экосистема является комплексом, но и тем, что воздействие производства на окружающую среду тоже является комплексным. То есть промышленные выбросы оказывают не избирательное действие на тот или иной природный объект, а воздействует на всю биосферу в целом. Отвалы литейного производства, например, загрязняют не только литосферу, но и атмосферу, и гидросферу, нарушая при этом первичные биогеоценозы.

В данном случае кругооборот песков, глин, воды и других природных элементов, входящих в состав формовочных и стержневых смесей, происходит по схеме, представленной на рис. 1. Природные элементы, являясь элементом биосферы, поступают в техносферу (этап I), где превращаются в элемент производственной системы. Отработав несколько технологических процессов, они снова возвращаются в биосферу, но уже в качестве техногенного образования (этап II). Являясь техногенным элементом, отработанные смеси не могут вписаться в биосферный процесс обмена веществ, и система биосфера — техносфера не замыкается.

Если исходить из того, что на этапе I биогенные элементы превращаются в техногенные,

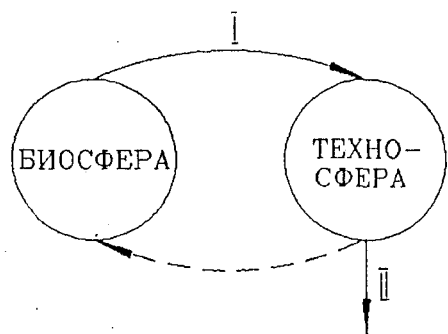


Рис. 1

то, по законам экологических систем, на этапе II должен происходить обратный процесс.

В последнее время все чаще говорится о том, что производство должно быть замкнутым, чтобы быть экологичным. Но дело в том, что в некоторых случаях технологический процесс невозможно замкнуть или зациклить в рамках одного производства. В этих случаях, видимо, нужно либо вовлекать отходы в новый производственный цикл, либо замыкать систему биосфера — техносфера (см. рис. 1, пунктир). Для литейного производства это означает, что отработанные формовочные смеси, попадающие в биосферу, должны из техногенных образований превратиться в биогенные.

На кафедре литейного производства Одесского государственного политехнического университета (ОГПУ) поиск решения этой проблемы ведется в двух направлениях: исследование возможности биорекультивации старых (10–30 лет) отвалов литейного производства; разработка методов биологической детоксикации особо токсичных формовочных и стержневых смесей (после литья по газифицируемым пенополистироловым моделям).

Исследование возможности биорекультивации литейных отвалов основывается на результатах комплексного мониторинга экосистемы отвалов Одесского литейного завода “Центролит”.

Первый этап мониторинга, основанный на методах фитоиндикации, позволил установить, что в литейных отвалах не содержатся фенол и тяжелые металлы. Кроме того, фитоиндикация отвалов различного времени отсыпки показала, что со временем в них происходит вымывание солей и образуется некоторое количество гумуса, то есть формируется плодородный слой почвы [2]. Это свидетельствует о том, что исследуемая экосистема является самовосстанавливающейся, хотя и чрезвычайно медленно (30–40 лет). Это позволило привлечь синергетический подход, который значительно расширил возможности исследовательского аппарата.

По определению современной науки, процессы самоорганизации могут иметь место только в системах, обладающих высоким уровнем сложности и большим количеством элементов, связи между которыми имеют не жесткий, а вероятностный характер [3, 4]. Именно такой системой является любой ландшафт, а следовательно, и экосистема литейных отвалов.

Установлено, что по мере роста сложности системы снижается степень ее стабильности и одновременно ускоряется процесс ее развития. В результате происходит направленное развитие

системы [3]. Отсюда следует, что, усложнив систему литейных отвалов, можно не только ускорить их развитие, но и придать этому процессу направленное действие. Любая система, как правило, усложняется при введении в нее дополнительных элементов. В случае литейных отвалов этого можно добиться при проведении их биорекультивации.

К сожалению, для рекультивации отвалов литейного производства нельзя полностью применить опыт горнодобывающей промышленности, т.к. в данном случае нет плодородного слоя почвы, который обычно снимается с места выработки, сохраняется, а затем используется для покрытия отвалов. В этом смысле литейные отвалы схожи с грунтами, пораженными эрозией. Кроме того, техническая рекультивация литейных отвалов затруднена тем, что, кроме отработанных смесей, сюда вывозятся шлаки, отработанная футеровка печей, различных производственный и строительный мусор.

Что же касается биологической стадии рекультивации, то лабораторные исследования показали эффективность этого метода восстановления отвалов литейного производства. Правда, в данном случае биорекультивация имеет некоторые особенности, обусловленные тем, что на отвалах могут расти не все растения, а только определенные, обладающие рядом специфических анатомо-морфологических и физиолого-биохимических признаков.

Отвалы литейного производства представляют собой песчано-глинистые грунты. В естественных условиях, как отмечалось выше, они покрываются сорными растениями, закрепляющими их и способствующими формированию плодородного слоя. При проведении биорекультивации традиционно в качестве трав-мелиорантов используются многолетние травы, бобовые и другие почвоулучшающие культуры.

С учетом всех этих особенностей, на кафедре литейного производства ОГПУ выработаны рекомендации по подбору растений, способных стать мелиорантами литейных отвалов. Моделирование процесса биорекультивации литейных отвалов в лабораторных условиях показало не только возможность, но и эффективность этого метода восстановления исследуемой экосистемы [5].

Однако, следует осторожно относиться к подобным изменениям системы в масштабе ландшафта, т.к. иногда снижение стабильности системы чревато негативными последствиями. Ведь в любой экосистеме наблюдаются явления бифуркации, когда нарушение взаимосвязей может при-

вести к непредсказуемым и необратимым процессам. Чем сложнее система, тем больше в ней возникает бифуркационных переходов [3]. Поэтому прежде, чем вносить какие-то изменения в систему, необходимо выявить все взаимосвязи между ее элементами.

О том, насколько важны взаимосвязи в любой экосистеме, говорит то, что уже деление клетки — это огромный строго последовательный ряд процессов, каждый из которых совершенно бессмыслен вне связи с целым. В.И.Вернадский рассматривал возникновение жизни на Земле и связанное с ним образование биосферы не как появление отдельных зародышей в отдельных изолированных точках, а как мощный единый процесс образования монолита жизни, охвативший всю область планеты, где имелись соответствующие условия [6].

Именно выявление связей в системе литейных отвалов позволило получить объективную картину ее экологического состояния (рис.2). Конечно, авторы отдают себе отчет в том, что в данной системе представлены далеко не все прямые и обратные связи (эту схему можно уточнять бесконечно). Но и те связи, которые уже выявлены, позволили установить токсическое воздействие отвалов на окружающую среду.

До сих пор считалось, что литейные отвалы не оказывают значительного токсического воздействия на окружающую среду [7]. Однако при этом совсем не рассматривались водоемы, образованные в результате просачивания осадков сквозь отвалы и являющиеся одним из элементов исследуемой системы (см. рис.2). Биотестирование этих вод показало, что они оказывают чрезвычайно негативное воздействие на живые организмы. Рыбы (*Poecilia reticulata* Peters), выступающие в качестве тест-объектов, гибнут в этих водах в течение 15 мин. Это говорит о том, что отработанные формовочные и стержневые смеси недопустимо вывозить в отвалы, предварительно не подвергнув детоксикации.

На кафедре литейного производства ОГПУ разрабатывается методика биологической детоксикации продуктов деструкции пенополистироловой модели, поступающих в формовочные пески. Методика основана на свойстве зеленых растений поглощать и перерабатывать различные углеводороды. Исследования показывают, что высшие растения способны поглотить и переработать до  $\text{CO}_2$  почти все продукты деструкции пеномодели, попадающие не только в формовочные смеси, но и в атмосферу цеха [8]. Если учесть, что в процессе фотосинтеза зеленые растения поглощают  $\text{CO}_2$  и выделяют  $\text{O}_2$ , можно сделать вы-

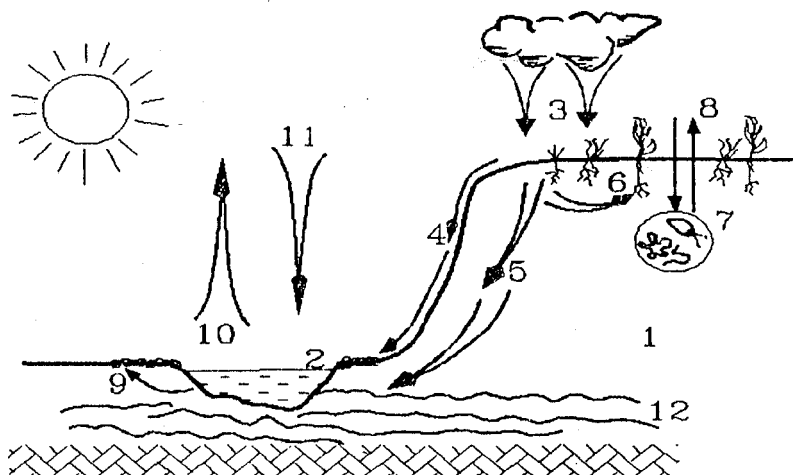


Рис.2. Схема связей в экосистеме отвалов литейного производства: 1 — отвалы; 2 — сточные воды; 3 — осадки; 4 — смыв солей поверхностным стоком; 5 — фильтрация воды с вымыванием солей; 6 — поглощение части солей растениями; 7 — образование гумуса, минерализация органических остатков; 8 — гумус способствует росту растений; 9 — засоление почвы; 10 — испарение воды; 11 — абсорбция атмосферного воздуха; 12 — грунтовые воды.

вод о возможности полного обезвреживания токсичных углеводов биологическим методом.

Смеси, прошедшие детоксикацию, можно не только возвращать в биосферу, но и вовлекать в новую сферу применения. Так как основой обработанных формовочных и стержневых смесей являются различные пески и глины, то представляется возможным использовать их в качестве вторичного сырья в строительстве. Например, при строительстве дорожных покрытий, надежность эксплуатации которых во многом зависит от качества земляного полотна и дорожной одежды. Одежда дорожного покрытия обычно состоит из нескольких конструктивных слоев, одним из которых является подстилающий или дренарующий слой [9].

Исследования механических свойств отвалных литейных смесей показывают, что по плотности и механическому составу их вполне можно применять в качестве подсыпного материала при строительстве дорожных покрытий. Например, такая подсыпка пригодна для строительства пешеходных дорожек, площадок и иных дорожных покрытий, не испытывающих большой нагрузки.

С экономической точки зрения применение отработанных смесей в качестве подсыпки под бетонную плитку является весьма эффективным. Исследования, проводившиеся совместно с Государственным проектно-исследовательским институтом проектирования строительства, реконструкции и ремонта объектов жилищно-коммунального, общественного и промышленного назначения «Укрпроектреконструкция» (Запорожский филиал), позволили установить, что при строительстве дорог, мощеных бетонной плиткой, трудоем-

кость и расходы сокращаются соответственно на 10 и 15 %. Это сокращение — результат не только того, что отработанные смеси являются дешевым вторичным сырьем.

Наблюдения за свежими отвалами завода «Центролит», металлургического комбината «Запорожсталь» и опытной лаборатории кафедры литейного производства ОГПУ показали, что сквозь слой толщиной 10–20 см и более практически не пробивается растительность, произрастающая ранее на засыпанной площади. Новая растительность укореняется чрезвычайно медленно. Поэтому при использовании такой подсыпки под бетонными плитами полностью отсутствует растительность в зазорах между ними. Это позволяет значительно сократить затраты на уничтожение травы, которая обычно обильно прорастает в зазорах между плитами.

Кроме того, растительность способна разрушить практически любое дорожное покрытие, а это потребует больших затрат на ремонт и замену дорожных покрытий. Введение в эксплуатацию дорожного участка с подсыпкой из отработанной смеси показывает отсутствие разрушения покрытия порослью уже на протяжении трех лет.

Результаты исследований являются примером удачного сочетания экономического и экологического эффектов на границе контакта биосфера — техносфера при решении проблемы утилизации твердых отходов литейного производства.

Таким образом, весь спектр исследований позволил установить возможность и обосновать необходимость не только комплексного исследования, но и комплексного восстановления системы биосфера — литейное производство.

## Список литературы

1. Корзон А.И., Ляпкин А.А., Оглоблина Р.И. Проблемы экологии и пути их решения в литейном производстве // Литейн. пр-во. — 1988. — № 3. — С. 2-3.
2. Иванова Л.А., Прокопович Л.В. Биомониторинг отвалов литейного производства // Там же. — 1996. — № 7. — С. 21.
3. Моисеев Н.Н. Универсальный эволюционизм // Вопр. философии. — 1991. — № 3. — С. 3-28.
4. Философский энциклопедический словарь. — М.: Сов. энциклопедия, 1989. — 815 с.
5. Иванова Л.А., Прокопович Л.В. О необходимости рекультивации литейных отвалов // Охрана окружающей среды. — 1996. — Вып. 2. — С. 14-16.
6. Верпадский В.И. Избранные труды по истории науки. — М., 1981. — 341 с.
7. Ляпкин А.А., Чуракова Н.С., Баталова Т.В. Токсичные вещества в твердых отходах литейного производства // Литейн. пр-во. — 1984. — № 10. — С. 35-36.
8. Иванова Л.А., Прокопович Л.В. Биологическая детоксикация продуктов деструкции пенополистироловой модели // Охрана окружающей среды. — 1995. — Вып. 2. — С. 3-5.
9. Технология строительного производства / Л.Д.Акимова, Н.Г.Аммосов и др. — Л.: Стройиздат, 1987. — 606 с.

Поступила в редакцию 22.10.96

## Foundry as an Element of the System "Technosphere — Biosphere"

*Ivanova L.A., Prokopovich L.V.*

*Odessa State Politechnical University*

A new approach to research the foundry system with the aim of increasing its ecological safety is offered. Results of complex monitoring of casting dumps areas is analyzed. Principles of biological detoxication of distraction products of polystyrol model area are proposed. A possibility of using the fulfilled foundry mixes as salvage for construction is considered.

**Key words:** casting monitoring, biological detoxication, distraction of polystyrol model.

Received October 22, 1996

УДК 621.431:621.436

## Аппроксимирующие уравнения характеристик токсичности отработавших газов газодизеля

*Долганов К.Е., Поляков А.П.*

*Украинский транспортный университет, Киев*

Проведены исследования показателей токсичности отработавших газов (ОГ) автомобильного газодизеля ЯМЗ-236 ГД. Приведены опытные зависимости дымности и содержания  $\text{NO}_x$ ,  $\text{C}_m\text{H}_n$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  в ОГ от коэффициента избытка воздуха на режимах номинальной мощности и максимального крутящего момента. Описаны уравнения аппроксимации опытных характеристик содержания вредных веществ в ОГ. Дан пример расчета содержания вредных веществ в ОГ газодизеля ЯМЗ-236 ГД в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя при работе с полной нагрузкой по газодизельному и дизельному циклам.

**Ключевые слова:** токсичность отработавших газов, дымность, газодизель.