



Рис. 3. Гармоничное развитие нового горнодобывающего предприятия от поисков до строительства ГОКа [7]

лезных дорог и линий высоковольтных передач. Кроме того, Китай является мировым лидером производства редкоземельных элементов, лития, индия, тантала и т.д., которые используются при производстве высокотехнологичных устройств, таких как телефоны, планшеты и батареи для них, а также в автомобиле- и приборостроении.

#### Первый шаг для РФ: оценка рисков.

В рамках импортозамещения и снижения зависимости России от поставок ряда стратегических элементов следует их оценить и выделить из общего ряда. При этом развитие одного отдельно взятого объекта требует времени и порой немалого. Так, на реализацию проекта с нулевого уровня до проектных мощностей в большинстве случаев уходит 10–12 лет (рис. 3). Соответственно, если есть предпосылки к тому, что поставки одного или целой группы стратегических элементов вызывают вопросы, то активно начинать геологоразведочные работы и вкладываться в технологии извлечения (которые могут усложнить и удлинить процесс на несколько лет) необходимо уже сегодня.

#### Выводы

Исследования, проведенные американскими и британскими учеными, более и менее объективно показывают ситуацию с МСБ для разных видов минерального сырья для этих стран. Проведение таких исследований в РФ может способствовать более объективному выделению «дефицитного» или «критического» сырья и более обоснованному планированию финансирования ГРП из федерального и регионального бюджетов.

В любом случае, гармоничное развитие МСБ страны и планирование на долгосрочную перспективу требует объективной картины. На базе этих данных можно выделить группу полезных ископаемых, развитие минерально-сырьевого комплекса которых является приоритетным для страны. Учитывая эти исследования, следует начать инвестировать в геологию, технологическое обеспечение добычи и подготовку специалистов, которые будут проводить эти работы и изыскания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Еремин, Н.И. Критическое минеральное сырье в экономиках ведущих промышленно-развитых стран: Матер. Всероссийской конф. «Месторождения стратегических металлов: закономерности разме-

2. щения, источники вещества, условия и механизмы образования». — М., 2015. — С. 47–49.
3. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2014 году».
4. Распоряжение правительства РФ от 16 января 1996 года N 50-р : О перечне основных видов стратегического минерального сырья.
5. British Geological Survey, Risk list 2012 (просмотр 20.01.2016): <http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/riskList.html>.
6. China's Mineral Industry and U.S. Access to Strategic and Critical Minerals: Issues for Congress, Marc Humphries Specialist in Energy Policy March 20. — 2015.
7. US National Research Council, Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy: Washington, D.C., National Academies Press. — 2008. — 264 p.
8. Per Kalvig. Critical minerals: Green technology depends on availability of minerals. — 2014.

© Богуславский М.А., 2016

Богуславский Михаил Александрович // mboguslavskiy@yandex.ru

УДК 338.984: 553.04

Краснов О.С. (ФГУП «ВНИГРИ»), Салихов В.А. (Кемеровский государственный университет. Новокузнецкий институт (филиал))

#### СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Обоснована методика экономической оценки запасов цветных и редких металлов, содержащихся в техногенных месторождениях, а именно в углях Кузбасса и золошлаковых отходах, накапливаемых на энергетических предприятиях Кемеровской области. Приведены формулы расчета минимального промышленного содержания металлов в углях и золошлаковых отходах углей, содержания условного металла в золоотвалах, минимальных запасов металлов в углях, дана общая схема геолого-экономической и экономической оценки металлов. **Ключевые слова:** цветные и редкие металлы, угли, золошлаковые отходы углей, содержание условного металла, экономическая оценка.

Krasnov O.S. (VNIGRI), Salikhov V.A. (Kemerovo State University, Novokuznetsk Institute (branch))

#### SPECIAL FEATURES OF THE ECONOMICS ASSESSMENT FERROUS AND RARE METALS CONTAINED IN THE WASTE DEPOSITS

The technique of economic evaluation of reserves of non-ferrous and rare metals contained in the technological fields, namely in coal Kuzbass and ash and slag wastes generated at power plants Kemerovo region. The formulas for calculating the minimum industrial metals in coal and ash and slag waste coal, conditional metal content in ash dumps, minimum reserves of metals in coal, given the general scheme of economic-geological and economic evaluation of metals. **Key words:** non-ferrous and rare metals, coal, ash and slag waste coal, metal content of the conditional, economic evaluation.

В настоящее время в России отмечается дефицит многих цветных и, особенно, редких металлов (титана, циркония и др.) необходимых для цветной металлургии и других отраслей промышленности (атомной, электронной, авиационной, космической и т.д.). Это связано с истощением запасов металлических полез-

ных ископаемых, ухудшением их качества, усложнением горно-геологических и экономико-географических условий разработки. Сложившаяся ситуация обостряет актуальность проблемы извлечения ценных цветных и редких металлов из комплексных руд и техногенных месторождений.

На угольных месторождениях Кузбасса отмечены аномалии ряда ценных редких и цветных металлов (таких как титан, цирконий, ванадий, вольфрам, иттрий, кобальт, галлий, германий), которые чаще всего приурочены к участкам тектонических нарушений пластов [1, 2]. При этом перспективным объектом для извлечения этих дефицитных металлов являются золошлаковые отходы углей, накапливаемые на энергетических предприятиях (таблица). В Кемеровской области ежегодно накапливается около 3 млн. т золошлаковых отходов (ЗШО). Площадь золоотвалов составляет несколько тысяч гектаров. Запасы ряда ценных металлов таких, как титан, цирконий, стронций, ванадий, галлий могут составить тысячи и десятки тысяч тонн. Эти золоотвалы соответствуют определению техногенных месторождений, как многотоннажных скоплений отходов добычи и переработки минерального сырья, которые можно использовать с получением общезкономического эффекта как суммы экономического, социального и экологического эффектов. В тех случаях, когда возможно сопоставление рассчитывается косвенный эффект (например, в сравнении дохода от эксплуатации техногенных с рудными месторождениями). Первой частью экономической оценки этих объектов является их геолого-экономическая оценка [3].

Геолого-экономическая оценка комплексных металлогольных и техногенных месторождений начинается с оценки содержаний дефицитных металлов, что позволяет оценить запасы/ресурсы металлов и эффективность разработки этих объектов с учетом наличия промышленных, высокорентабельных технологий, динамики цен и спроса на цветные и редкие металлы.

С учетом выявленных закономерностей для оценки содержания цветных и редких металлов и, следовательно, для подсчета запасов металлов по угольным пластам рекомендуется применять метод, учитывающий степень тектонической нарушенности пластов, т.е. предполагающий оценку содержания металлов через определенный интервал опробования. При оценке содержания на месторождении (рудопроявлении) ценных элементов-примесей в настоящее время обычно применяется следующий способ. На первом этапе выявляются аномалии:

$$K_A = C_O / C_\phi, \quad (1)$$

где  $K_A$  — коэффициент аномальности;  $C_O$  — концентрация элементов в ореоле, г/т или %;  $C_\phi$  — фоновое содержание элементов, г/т или %.

Металл	Среднее и максимальное содержания в углях, г/т	Концентрации, рекомендуемые к оценке, г/т	Среднее и максимальное содержания в золе, г/т (1 000 г/т = 1 %)	Кондиции для руд, %
Титан	100–500	500	1100–5600	10–15
Цирконий	100–500	500	2296–3000	3
Медь	5–15	100	95,2–3700	0,5
Свинец	5–25	50	250–4800	2
Цинк	10–300	100	272–16000	1
Барий	50–200	1000	500–5800	1
Ванадий	10–50	100	154–5000	1
Вольфрам	1–3	100	45–1500	0,5–1
Стронций	100–500	1000	2294–2300	5
Ниобий	1–3	100	115–3000	0,1
Галлий	1–3	20	38,6–3000	0,04
Германий	0,5–1	10	14,1–2700	0,1

Интервал опробования определяется согласно критерию Стердженса по следующей формуле:

$$L = (X_{\max} - X_{\min}) / (1 + 3,2 \times \lg N), \quad (2)$$

где  $L$  — длина интервала, м;  $N$  — количество проб, шт.;  $X_{\max}$ ,  $X_{\min}$  — максимальное и минимальное содержание металла в выборке, г/т или %.

Коэффициент аномальности металлов для угольных пластов в зонах нарушения может иметь значение 2, 3 и выше. При этом интервал опробования может достигать при расчетах по формуле (2) до 50 м и более. В то же время величина аномалий металлов, приуроченных к тектоническим нарушениям, по простиранию пласта колеблется обычно от 15 до 25 м. Таким образом, используя эту формулу и опробуя пласт через 50 м, можно пропустить участки повышенных концентраций металлов. Поэтому величину интервала опробования, ввиду неточности расчетов по формуле (2), предлагается определять следующим образом. Аномалии, согласно требованиям инструкции по геохимическим методам поисков рудных месторождений, должны быть подсечены минимум в двух точках. Величина аномалий по угольным пластам составляет 15–25 м, тогда интервал опробования должен быть не более 10 м.

Затем проводится оценка среднего содержания ценных металлов по аномальным и не аномальным участкам пласта. Вычислив протяженность этих аномалий по угольному пласту можно уточнить, используя формулу (1) и «правило трех сигм», коэффициент аномальности следующим образом:

$$K_A = n / L, \quad (3)$$

где  $n$  — общая протяженность аномалий по пласту (выработке), м;  $L$  — длина пласта (выработки), м.

Дальнейшая оценка производится в следующем порядке. Величина коэффициента будет варьировать от 0 до 1. Тогда, учитывая динамику содержания исследуемого металла (например, титана), по угольному пласту можно оценить концентрацию этого металла:

$$C_{Ti} = C_{TiH} \times (1 - K_A) + (C_{TiA} \times K_A),$$

Допустим, среднее содержание титана в аномальных участках ( $C_{TiA}$ ) составляет 500 г/т, а на не аномальных участках ( $C_{TiHA}$ ) — 100 г/т. Если  $K_A = 0,2$ , то  $C_{Ti} = 100 \times 0,8 + 500 \times 0,2 = 180$  г/т. Подобный подход направлен на рационализацию природопользования, улучшение экологии и повышение безопасности работ. Данный метод позволяет выявлять невоскрываемые горными работами участки тектонической нарушенности пластов. Именно к этим участкам, связанным с опасными газовыми и геодинамическими явлениями, приурочены повышенные концентрации многих цветных и редких металлов [4]. Детальное опробование выявляет участки с аномальными содержаниями ценных металлов и позволяет оценить экономическую целесообразность их селективной добычи. С помощью современных приборов, например — спектрометра «Барс-3» можно проводить экспресс-опробование пластов и наиболее перспективных объектов — ЗШО углей.

При селективной добыче металлов из углей содержания металлов в них должны быть, как минимум, близки к условиям для руд (таблица). Минимальное содержание металла в угле для оконтуривания участка селективной добычи определяется как [4]:

$$C_{MIN} = (Z_{II} + H_y / C_{M} \cdot K_{II} \cdot (1 - K_p)) \cdot 100\%,$$

где  $Z_{II}$  — полные затраты на добычу углей и извлечение из них 1 т металла, тыс. руб.;  $H_y$  — налоги, не входящие в структуру эксплуатационных затрат, тыс. руб.;  $C_M$  — цена 1 т металла, содержащегося в угле, тыс. руб.;  $K_p$  — коэффициент разубоживания металлов при добыче углей (доли ед.);  $K_{II}$  — коэффициент извлечения металла из углей (доли ед.).

Минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, при которых они относятся к коммерческим (в нашем случае это запасы ценных металлов в углях) устанавливаются исходя из дополнительных расходов, связанных с их вскрытием и обработкой, по формуле [4]:

$$Q_{MIN} = [K_d \cdot (1 - P)] / [(C_{из} - Z_{уи} - H_y - K_d \cdot E) \cdot (1 - П)],$$

где  $K_d$  — капитальные вложения, необходимые на проходку дополнительных вскрышных выработок, тыс. руб.;  $C_{из}$  — извлекаемая ценность цветных и редких металлов из 1 т угля, тыс. руб.;  $Z_{уи}$  — эксплуатационные затраты с учетом налогов на добычу и переработку (извлечение металлов) 1 т угля, тыс. руб.;  $H_y$  — налоги, платежи, отчисления не входящие в структуру эксплуатационных затрат в расчете на 1 т годовой добычи угля, тыс. руб.;  $E$  — минимальная норма прибыли, равная учетной ставке банка (доля единиц), при отсутствии инфляции принимается равной 5–6 %;  $P$  — разубоживание при добыче (в долях ед.);  $П$  — потери при добыче (в долях ед.).

Если металлы извлекаются параллельно сжиганию углей и улавливаются фильтрами, для них не устанавливается предела минимального содержания.

Распределение металлов в ЗШО углей уточняется с помощью расчета среднего содержания металла ( $X_{CP}$ ), среднего квадратического отклонения ( $\sigma^2$ ) и коэффициента вариации ( $K_B = \sigma^2 / X_{CP}$ ). Если  $K_B$  меньше 3 (пра-

вило «трех сигм»), тогда интервал опробования определяется по формуле (2). При  $K_B$  больше 3 интервал опробования должен сгущаться. В целом для золоотвалов должно определяться минимальное содержание металла ( $C_{MIN}$ ) и сопоставляться с показателями кондиционных содержаний оцениваемого металла для рудных месторождений (таблица).

При комплексном извлечении из ЗШО углей металлов на первом этапе должно определяться содержание металла с самым высоким содержанием (основного металла). Для пересчета содержаний остальных металлов в содержания основного рассчитывают пересчетные коэффициенты ( $K_{i/o}$ ), определяемые как [4]:

$$K_{i/o} = (C_i \cdot K_i) / (C_o \cdot K_o),$$

где  $K_{i/o}$  — коэффициент пересчета содержаний  $i$ -го компонента в основной, доли ед.;  $C_i$  — цена готовой продукции  $i$ -го компонента, (кг, т) руб.;  $C_o$  — цена готовой продукции основного компонента, (кг, т) руб.;  $K_i$  — коэффициент извлечения  $i$ -го компонента в готовый продукт, доли ед.;  $K_o$  — коэффициент извлечения основного компонента в готовый продукт, доли ед. Затем, рассчитывается содержание условного металла ( $C_y$ ):

$$C_y = C_o + C_1 \cdot K_{1/o} + C_2 \cdot K_{2/o} + \dots + C_n \cdot K_{n/o},$$

где  $C_o$  — содержание основного компонента, в %;  $C_1, C_2, C_n$  — содержание прочих компонентов, в %;  $K_{1/o}, K_{2/o}, K_{n/o}$  — коэффициенты пересчета содержаний металлов в содержание основного.

С учетом прогнозируемой средней цены на 1 кг, т условного металла ( $Z_{MY}$ ), затрат на получение условного металла из концентрата ( $K_{MY}$ ) и коэффициента его разубоживания при получении концентрата ( $K_{PY}$ ) определяется минимальное содержание металла ( $C_{MINY}$ ), обеспечивающее, как минимум, нулевую рентабельность:

$$C_{MINY} = (Z_{MY} / C_{MY} \cdot K_{MY} \cdot (1 - K_{PY})) \cdot 100 \%,$$

Аналогично рассчитывается  $C_{MIN}$  для каждого металла. Металлы с низким содержанием и высокой себестоимостью получения могут извлекаться в комплексе с остальными. Реализация нерентабельных металлов зависит от роста спроса и цен на них. Таким образом, оценка цветных и редких металлов в техногенных отходах должна проводиться в разработанной последовательности по формулам (1–3).

После оценки содержания металлов оцениваются их запасы ( $Q$ ) в техногенных месторождениях по формуле:

$$Q = (S \cdot m \cdot C \cdot \gamma) / 100 \%,$$

где  $S$  — площадь участка месторождения, км<sup>2</sup>;  $m$  — мощность полезного ископаемого, м;  $C$  — содержание металла, %;  $\gamma$  — удельный вес металла, т/м<sup>3</sup>.

После определения категории запасов/ресурсов (геологический параметр), согласно рамочной классификации ООН «запасы\ресурсы», определяются технологический параметр (наличие промышленных рентабельных технологий получения металлов) и экономический параметр (в первую очередь это динамика спроса и цен

на металлы). Наличие трех положительных параметров означает экономическую категорию запасов, двух положительных параметров — потенциально-экономическую категорию, что требует или доизучения объекта, или доработки технологии, или ожидания благоприятной ситуации на рынке металлов. В случае отрицательного значения двух или трех параметров запасы металла, согласно этой классификации, считаются условно-экономическими. В этом случае требуется создание инновационной промышленной технологии его получения и других инновационных технологий, где этот металл будет востребован. Если геологическое доизучение объекта не обнаруживает кондиционных содержаний металла, он может извлекаться в комплексе с другими высокорентабельными металлами.

Затем начинается экономическая оценка проектов по извлечению металлов (имеющих экономическую категорию запасов). В первую очередь следует оценить экономическую целесообразность извлечения ценных металлов и выбрать оптимальный вариант [5]. Для выбора перспективного объекта рассчитывается среднегодовой доход с учетом величин возможных объемов производства металлов и выручки от их продажи, капитальных вложений и производственных затрат. Среднегодовой доход ( $D_r$ ) от продажи металлов, извлекаемых из техногенных отходов, на начальном этапе можно оценить (согласно рекомендациям по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых и с учетом суммарных рисков проекта, измеряемых в долях ед. ( $P$ )) как [3]:

$$D_r = (C_r - Z_r - E \cdot K) \cdot (1 - P),$$

где  $C_r$  — среднегодовая стоимость продукции, тыс. руб.;  $Z_r$  — среднегодовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.;  $E$  — коэффициент экономической эффективности капитальных вложений за  $T$  лет, в долях ед.;  $K$  — величина капитальных вложений, тыс. руб.

Расчет технико-экономических показателей проекта может проводиться по аналогии с имеющимися проектами. Капитальные и эксплуатационные затраты по планируемому проекту могут рассчитываться при помощи величин капитальных и эксплуатационных затрат по аналогичным проектам: пропорционально производительности, расходу сырья и материалов. С помощью экспоненциального коэффициента определяется себестоимость или производительность предприятия по сравнению с аналогичным предприятием (экспоненциальный коэффициент  $n$  обычно равен 0,6) по формуле [4]:

$$C_1 / C_2 = (M_1 / M_2)^n$$

или

$$C_2 = C_1 \cdot (M_2 / M_1)^n,$$

где  $C$  — себестоимость производства на предприятиях 1 и 2;  $M$  — производительность предприятий 1 и 2.

Кроме того, при определении себестоимости применяется регрессионный анализ, а именно уравнение, являющееся частным случаем парной корреляции и имеющее характер степенной функции вида:

$$C = aM^b$$

или линейной функции

$$\ln(C) = \ln(a) + \ln(M),$$

где  $C$  — себестоимость;  $M$  — производительность предприятия (т/год);  $a$  и  $b$  — эмпирические коэффициенты.

При отсутствии аналогичных проектов, а именно так и обстоит ситуация с извлечением ценных цветных и редких металлов из углей и их золошлаковых отходов в России в настоящее время, технико-экономические показатели такого проекта будут определяться методом прямого расчета.

Наиболее важным показателем экономической эффективности извлечения металлов из золоотвалов будет возможный объем производства металла ( $V_{пр.м.}$ ):

$$V_{пр.м.} = C_{м.к.з.} \cdot V_{к.з.} \cdot K_{и},$$

где  $C_{м.к.з.}$  — содержание металла в концентрате золы, г/т;  $V_{к.з.}$  — объемы полученных зольных концентратов, т;  $K_{и}$  — коэффициент извлечения металла из концентрата золы (доли ед.). Выручка от реализации металлов ( $B_m$ ) определяется как:

$$B_m = \sum C_i \cdot V_{пр.м.i},$$

где  $C_i$  — цена  $i$ -го получаемого металла, руб./т или руб./кг;  $V_{пр.м.i}$  — объем  $i$ -го получаемого металла, т или кг.

Цена на металл определяется с учетом его себестоимости ( $C$ ) и приемлемой нормы прибыли ( $\Pi$ ) — ( $\Pi = C / (1 - \Pi)$ ), а себестоимость — с учетом его доли в  $\sum V_{пр.м.i}$ . Прибыль от реализации продукции по проекту ( $\Pi_p$ ) рассчитывается как:

$$\Pi_p = (B_m - Z_m) + (B_{с.п.} - Z_{с.п.}),$$

где  $Z_m$  — затраты на получение металла, тыс. руб.;  $B_{с.п.}$  — выручка от реализации сопутствующих продуктов (рассчитывается аналогично выручке от реализации металлов), тыс. руб.;  $Z_{с.п.}$  — затраты на производство сопутствующих продуктов, тыс. руб.

Сопутствующей продукцией могут быть, например, различные стройматериалы, получаемые из переработанных золошлаковых отходов. В результате выбирается оптимальный вариант проекта, позволяющий извлечь максимальное количество металлов из ЗШО (желательно с помощью одной технологии получать наиболее широкий спектр металлов) и определяется наиболее ценный продукт, под который разрабатывается комплексная, рациональная схема эксплуатации подобных техногенных месторождений.

В целом геолого-экономическая и экономическая оценка включает:

1. Оценку содержания ценных металлов в углях и ЗШО углей.

2. Оценку количественных критериев (запасы/ресурсы металлов, промышленные, высокорентабельные технологии их извлечения, цены и спрос).

3. Оценку экономической целесообразности извлечения металлов из углей или из ЗШО в сравнении с рудными месторождениями ( $C_{min}$  и  $C_{miny}$ ).

4. Выбор перспективного варианта извлечения металлов (объект извлечения и метод извлечения) на основе расчета среднегодового дохода с учетом рисков проекта.

5. Определение показателей проекта с помощью аналогичных проектов или прямым расчетом, технико-экономическое обоснование проекта.

Далее следует проводить оценку внутренних и внешних рынков металлов, оценку коммерческих и финансовых рисков. Затем должны рассчитываться основные показатели проекта (интегральный экономический эффект, NPV и др.).

Увязка результатов проекта с перспективами социально-экономического развития региона предполагает также оценку общеэкономического эффекта на региональном уровне как суммы экономического, социального и экологического эффектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арбузов, С.И. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна / С.И. Арбузов, В.В. Ершов, А.А. Поцелуев и др. — Кемерово, 1999. — 248 с.

2. Скурский, М.Д. Недра Земли / М.Д. Скурский. — Кемерово: Кузбассвуиздат, 2006. — 880 с.

3. Новиков, Н.И. Некоторые аспекты экономической оценки техногенных месторождений как перспективного сырья для металлургической промышленности / Н.И. Новиков, В.А. Салихов // Вестник Томского государственного университета. Экономика. — Томск, 2016. — № 1 (33) — С. 38 — 54.

4. Салихов, В.А. Экономическая оценка и комплексное использование попутных полезных компонентов углей и золошлаковых отходов углей (на примере Кемеровской области) / В.А. Салихов. — Новосибирск, Наука СО РАН, 2013. — 224 с.

5. Краснов, О.С. Экономическая оценка попутных полезных компонентов угольных месторождений / О.С. Краснов, В.А. Салихов // Записки Горного института. Проблемы развития минерально-сырьевого и топливно-энергетического комплексов России. — СПб, 2013. — Т. 201. — С. 196 — 200.

© Краснов О.С., Салихов В.А., 2016

Краснов Олег Сергеевич // okrasnov@vsnigri.ru  
Салихов Валерий Альбертович // salihov-va@ya.ru

## ОХРАНА НЕДР И ЭКОЛОГИЯ

УДК 504.05/.06

Подлесных А.И., Лавруевич И.А. (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)

### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Приведены различные аспекты влияния цементного производства на окружающую среду. Подробно рассмотрены геоэкологические проблемы, возникающие на разных стадиях производства. Представлены данные по источникам и характеру загрязнений, а также мерам, принимаемым для их сокращения. Обоснована необходимость системного подхода к экологизации цементного производства, результатом которой должно стать производство, не нарушающее геоэкологического баланса и гармонично вписывающееся в природные условия. **Ключевые слова:** техногенез, геоэкологические проблемы, стадии производства цемента, загрязнение окружающей среды, экологизация производства.*

Podlesnykh A.I., Lavrusevich I.A. (MGSU)

### GEOECOLOGICAL PROBLEMS OF CEMENT PRODUCTION

*The different aspects of the impact of cement production on the environment was list. There are details considered geo-ecological problems in different stages of production. The information on the sources and nature of contamination, as well as measures taken to reduce them. The necessity of a systematic approach to greening cement production, the result of which should be the production without disturbing the balance of geo-environmental and blends harmoniously with the natural environment. **Key words:** techno genesis, geo-ecological problems, stages of cement production, pollution, greening production.*

Сегодня на наших глазах биосфера деградирует, ее организованность (структура) разрушается. Человечество в биосфере напоминает Гулливера, оказавшегося в хрустальной лавке лилипутов, когда одно неверное движение может привести к краху очень хрупкого рав-

новесия [8]. Действительно, техногенез привел человечество к тому, что в конце XX и начале XXI вв. опасность гибели всего живого на Земле стала очевидной для значительной части населения [5].

Издвеле человечество использовало цемент как один из основных строительных материалов. Именно повсеместное применение цемента активизировало процессы техногенеза. Цементная промышленность имеет существенное значение для экономического развития нашей страны, поскольку производит основной вид строительных материалов для жилищного и промышленного комплексов, а также строительства объектов инфраструктуры [4]. Технологический процесс производства цемента связан с многостадийной механической и высокотемпературной переработкой сырья и характеризуется высоким потреблением топливных и минеральных ресурсов [3] и, кроме того, сопровождается образованием существенного количества загрязняющих веществ и эмиссий в атмосферу.

В соответствии со стадиями промышленного производства цемента (рис. 1) возникает ряд существенных геоэкологических проблем.

1. Стадия добычи, транспортировки и подготовки сырья сопряжена с образованием значительного количества пыли и сопровождается высоким уровнем шума и вибрации. Сырье для производства цемента представляет собой смесь минералов, включающую оксид кальция (CaO), оксид кремния (SiO<sub>2</sub>), оксид алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и оксид железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) [10]. Основными видами сырья, применяемого для производства цементного клинкера, являются известковые, мергелистые и глинистые породы, добываемые в карьерах. Выбор способа добычи зависит от геоморфологических условий местности и физико-химических свойств извлекаемого сырья. При добыче известняков и мергелей нередко прибегают к взрывным методам для разрыхления породы. После взрыва материал может содержать негабарит-