



УДК 622.27

Л.А. Крупник

Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ ЗАПАСОВ РУД ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ
СУЗДАЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Строительство Сузdalского горно-перерабатывающего комплекса осуществлялось по проектам ТОО «Казгипроцветмет», ДГП «ВНИИцветмет», ТОО «Горметпроект» [1-3].

На данном этапе развития горных работ при отработке рудных тел мощностью 3÷15 м с углами падения более 50° проводится промышленная проверка системы подэтажного обрушения с послойным торцевым выпуском руды с высотой подэтажей 7,5 м и 15 м.

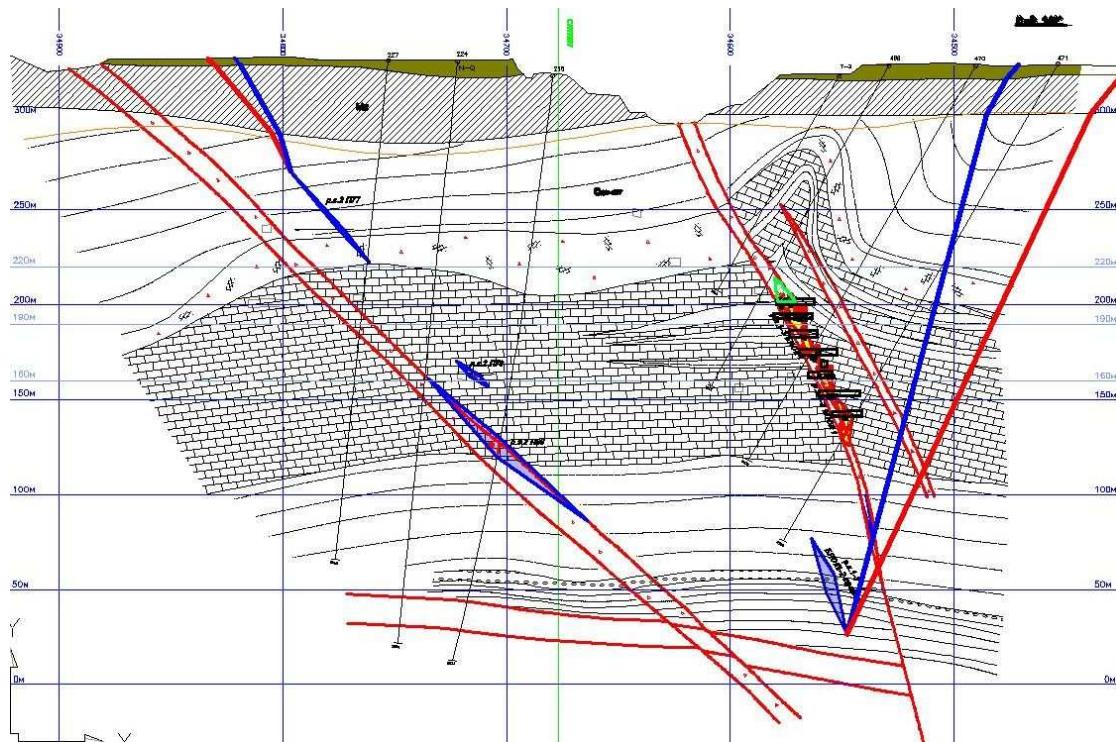
В настоящее время АО «ФИК «Алел» планирует приступить к вскрытию и отработке глубоких горизонтов Сузdalского месторождения, а именно рудных зон 1-3, 2 и 4 до горизонта - 500 м. Целью проекта отработки глубоких горизонтов Сузdalского месторождения должна явиться разработка ресурсосберегающей технологии добычи руды, обеспечивающей снижение себестоимости добычи руды, повышение качественных показателей извлечения руды, безопасные условия труда, уменьшение негативного воздействия горных работ на окружающую среду и в конечном итоге повышение эффективности работы горнодобывающего предприятия.

При выполнении работы [4] были обобщены и учтены ранее принятые проектные решения, данные по существующим пустотам, схеме дальнейшего развития горных работ, понижению горных работ в связи с увеличением глубины разработки, существующей технологической схеме ведения горных работ и параметров системы разработки. В результате проведенных исследований на основании полученных данных и расчетов проведена оценка устойчивости руд и пород на Сузdalском руднике в зависимости от времени стояния обнажений, построены границы линии сдвижения и линии обрушения на поверхности (рис. 1, 2) и даны рекомендации по дальнейшему ведению горных работ.

Анализ геомеханической ситуации и прогноз ее дальнейшего развития показал, что объем пустот на руднике с каждым годом увеличивается, что ставит под угрозу наземные здания и сооружения, происходят деформации контуров выработок и возможны обрушения. Некоторые пустоты находятся в зоне предохранительных целиков, а зона сдвижения и зона обрушения находятся далеко за пределами зон, ранее обозначенных в проекте. Сдвижения и деформации пород и земной поверхности могут вызывать повреждения в различных охраняемых объектах, расположенных в области влияния горных выработок, а также увеличение водопритоков по расколовшимся трещинам в выработки и их затопление из-за прорывов воды из подработанных водных объектов.

Также нужно отметить, что недовыборка руды на контакте с рудным и породным мас-

сивом является причиной образования отслоений на кровле и боках выработок. Близкий контакт камер и выработок с породным массивом является причиной отслоений, вывалов, обрушений и куполообразований в результате разницы физико-механических свойств рудного и породного массива.



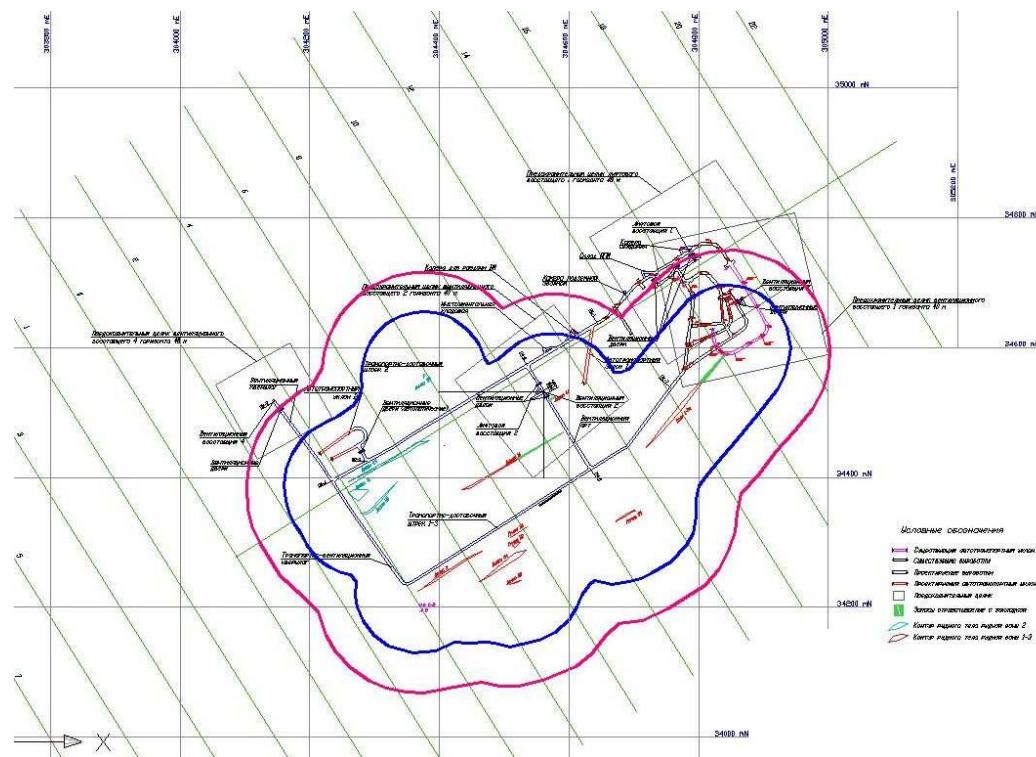


Рисунок 2 - Отстройка зоны сдвижения и обрушения от горизонта +40 м на земную поверхность по рудным зонам 1, 2, 3

Разработка технологии закладочных работ на Сузdalском руднике проводилась рядом организаций в период 2007-2011 гг., такими, как ДГП «ВНИИцветмет», ТОО «БАЙ-СиК», ТОО «Горметпроект» и ТОО «Региональное обучение».

Руководством АО «ФИК «Алел» в настоящее время принято решение о выемке высокоценных запасов руд Сузdalского месторождения системами разработки с закладкой выработанного пространства. Разработаны технологии приготовления закладочных смесей на поверхностном бетоносмесительном узле MB-30WS производства MEKA производительностью 30 м³/ч готового бетона и доставки закладки в шахту самоходными миксерами фирмы ПАУС UNI 50-3 с последующим транспортированием смеси бетононасосами P 715 Putzmeister по трубопроводу. Оптимальный гранулометрический состав смеси, удовлетворяющий требованиям транспортабельности смеси по трубопроводам и нормативной прочности, должен быть в пределах, указанных в табл. 1.

Таблица 1
Оптимальный гранулометрический состав смеси, удовлетворяющий требованиям транспортабельности смеси по трубопроводам и нормативной прочности

Фракция, мм	-15+2,5	-2,5+0,074	-0,074
Содержание в смеси, %	10-15	55-60	30-35

Расчет на прочность закладочного трубопровода сводится в основном к определению

минимально допустимых толщин стенок в зависимости от параметров транспортируемой среды. Расчет трубопроводов на прочность производится по методу предельных состояний. Для стальных труб устанавливаются следующие предельные состояния, определяемые несущей способностью трубопровода: прочность на разрыв от воздействия внутреннего давления и достижение предела текучести при работе на поперечный изгиб, сжатие или растяжение трубопровода, уложенного на отпоры, от воздействия собственного веса, веса транспортируемой среды и других факторов.

Основным показателем несущей способности стального трубопровода является расчетное сопротивление его материала. В качестве исходного нормативного сопротивления R_m при расчете трубопроводов используется предел текучести σ_m или временное сопротивление σ_e .

Расчетное сопротивление стали по пределу прочности:

$$R_i = \sigma_e K_n m_p, \quad (1)$$

где K_n - коэффициент однородности металла труб ($K_n = 0,8$ для углеродистых сталей, $K_n = 0,75$ для низколегированных); m_p - коэффициент условий работы труб, $m_p = 0,8$.

В соответствии со СНИП II-45-15 минимальную толщину стенок стальных трубопроводов, работающих под внутренним давлением p , определяют по формуле

$$S = \frac{pD_u}{2R} + \delta, \quad (2)$$

Где p - наибольшее давление в трубопроводе на начальном участке (сразу на выходе из насоса); $p = 68$ бар = 6,8 МПа; D_u - наружный диаметр трубы, мм; R - допускаемое напряжение материала трубы (Ст 20 имеет R_i не менее 250 МПа, сталь 30 ХГСА – 300 МПа); δ - увеличение толщины стенки по фактору гидроабразивного δ_k и коррозионного δ_c износа.

$$\delta = \delta_k + \delta_c, \quad (3)$$

где $\delta_k = \delta_1 + \delta_2$ - величина, предусматривающая увеличение расчетной толщины стенки трубы на величину отрицательного допуска при изготовлении труб δ_1 и на коррозионные потери металла δ_2 .

В соответствии с требованиями ГОСТа для труб с толщиной стенок до 15 мм включительно минусовой допуск составляет 15 %.

Значение δ_2 определяется по формуле

$$\delta_2 = (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot T_c, \quad (4)$$

где $\alpha_1 = 0,25$ мм/год - скорость коррозии материала наружной поверхности труб; $\alpha_2 \approx 0,2$ мм/год - скорость коррозии материала внутренней поверхности трубы за счет химических свойств перемещаемой закладочной смеси; T_c - расчетный срок службы трубопровода ($T_c = 2$ года).

Скорость коррозии материала внутренней поверхности металлических труб принята $\delta_2 = 0,5$ мм/год. Ориентированное значение величины повышения толщины стенок труб с учетом гидроабразивного изнашивания δ_c определяется по формуле

$$\delta_e = \frac{T_p}{T_1 n_n \varphi \eta_p}, \quad (5)$$

где T_p - расчетный ресурс эксплуатации трубопровода за весь срок службы, год; n_n - число рабочих положений труб при осуществлении профилактических проворачиваний ($n_n=4...5$); φ - коэффициент неравномерности изнашивания; ($\varphi=0,5...0,55$); η_p - коэффициент использования ресурса толщины стенок при профилактическом проворачивании ($\eta_p=0,8$); T_1 - удельный ресурс-время работы трубопровода до износа толщины стенки на 1 мм, год/мм.

Таким образом, величина δ составляет 5...7 мм. С учетом запаса прочности на возможные динамические нагрузки от передачи давления окончательно толщина стенки принимается с запасом 20 %: $S_0=1,2S$, мм.

У насоса Putzmeister P 715 напорный патрубок имеет диаметр 4,5" (112 мм), поэтому расчеты были проведены для стандартных наружных диаметров труб 108, 114, 121, 127, 133 мм. Результаты расчетов сведены в табл. 2.

Таким образом, для последующих расчетов принимаем трубы стальные бесшовные горячедеформированные ГОСТ 8731-74, 8732-78 с наружным диаметром 127 мм и внутренним диаметром 113 мм (толщина стенки 9 мм) [4].

Далее приведен расчет трубопроводного транспорта твердеющей закладочной смеси для Сузdalского рудника.

Исходные данные: производительность $Q=15 \text{ м}^3/\text{ч}$, диаметр трубопровода (внутренний) $D_e=0,113 \text{ м}$. Состав 1 м^3 смеси: цемент 150 кг, известь 424 кг, песок 1255 кг, вода 320 кг. Содержание твердых фракций %: < 5 мм - 2,18; 2,5...5 мм - 6,81; 1,25...2,5 мм - 4,16; 0,63...1,25 мм - 4,72; 0,315...0,63 мм - 22,32; 0,14...0,14 мм - 26,46; 0,08...0,14 мм - 27,79; >0,08 мм - 27,79. Плотность смеси $\rho_{cm}=2091 \text{ кг}/\text{м}^3$. Структурная вязкость смеси $\mu_{cm}=0,15 \frac{H \cdot c}{M^2}$. Предельное напряжение сдвига $\tau_o=3,72 \text{ Н}/\text{м}^2$. Средняя плотность твердых компонентов $\rho_m=2600 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Таблица 2
Результаты расчетов для стандартных наружных диаметров труб

Наружный диаметр трубы D_n , мм	Трубы стальные бесшовные горячедеформированные ГОСТ 8731-74, 8732-78			Трубы стальные бесшовные горячекатанные из стали марок 30 ХГСА, - ВД. 30 ХГСН 2А		
	внутренний диаметр D_{vn} , мм	толщина стенки δ , мм	масса трубы 1 м/кг	внутренний диаметр D_{vn} , мм	толщина стенки δ , мм	масса 1 м трубы, кг
108	95	8,5	20,86	95	8,5	20,86
114	101	8,5	22,12	101	8,5	22,12
121	107	9,0	23,58	108	8,5	23,58
127	113	9,0	24,84	114	8,5	24,84
133	119	9,0	26,10	119	9,0	26,10

Для оценки закладочной смеси определяются общая объемная концентрация тонко- и мелкодисперсных фракций по массовым T_w и \mathcal{K}_w и объемным T_v и \mathcal{K}_v содержаниям твердого и жидкого компонентов смеси по формулам:

$$T_w = \Gamma + I + \Pi = 150 + 424 + 1255 = 1829 \text{ кг}, \quad (6)$$

$$\frac{\mathcal{K}_w}{\rho_o} = \frac{320}{1000} = 0,32, \quad (7)$$

где T_v - объемная твердая (в плотном виде) составляющая закладочной смеси; \mathcal{K}_v - объемная жидкая составляющая закладочной смеси; T_w - массовая твердая составляющая закладочной смеси; \mathcal{K}_w - массовая жидкая составляющая закладочной смеси; ρ_m - плотность твердых частиц в закладочной смеси, кг/м³; ρ_o - плотность воды затворения, кг/м³.

Ввиду незначительного содержания крупных фракций (8,99 %) их можно учитывать в совокупности с мелкими. В работе [4] также определены: плотность смеси; плотность несущей среды, образованной тонкодисперсными фракциями; относительная плотность твердого в воде; относительная плотность твердого в несущей среде плотностью ρ_1 . По гранулометрическому составу определяем средневзвешенную крупность мелких фракций:

$$d_{cp} = \sum_{i=1}^{i=n} d_i q_i / \sum_{i=1}^{i=n} q_i = 0,00062 \text{ м}. \quad (8)$$

Гидравлическая крупность мелких фракций в стесненных условиях несущей среды:

$$U_{*1} = \frac{\beta a_1 d_{cp} \cdot 10^{-3}}{\sqrt[3]{\mu_1}} = \frac{6,5 \cdot 0,57 \cdot 0,00062}{\sqrt[3]{0,15}} = \frac{2,26 \cdot 10^{-3}}{0,53} = 0,0043 \text{ м/с}, \quad (9)$$

где $\beta = 5,2+3,2$ d_{cp} при $d_{cp}=0,15\dots0,5$ мм; $\beta = 6,5$ при $d_{cp}=0,5\dots1,5$ мм; $\beta = 8$ - d_{cp} при $d_{cp}=1,5\dots3,0$ мм; μ_1 - динамическая (ニュートン) вязкость, $\frac{H \cdot c}{M^2}$.

Определение режима движения параметров потока.

Рабочая скорость движения смеси:

$$U = \frac{K_1 4 Q_{nac}}{3600 \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{1,25 \cdot 4 \cdot 15}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,113^2} = 0,52 \text{ м/с}, \quad (10)$$

где $K_1 = 1,15\dots1,25$ - коэффициент, учитывающий увеличение расхода смеси за счет аэрации и неравномерности подачи смеси поршневым насосом в течение цикла; Q_{nac} - производительность насоса, м³/ч; D - диаметр бетоновода, м.

Определение режима движения параметров потока.

Критическая скорость транспортирования для мелкодисперсных фракций:

$$U_{kp} = c \sqrt[3]{Q_1 S_2 U_{*1} g D} = 10 \sqrt[3]{0,57 \cdot 0,27 \cdot 0,0043 \cdot 9,81 \cdot 0,113} = 0,9 \text{ м/с}, \quad (11)$$

где $c = 7\dots12$ - эмпирический коэффициент.

Удельные потери напора при движении чистой воды:

$$i_o = \frac{\lambda_o u^2}{2 g D} = \frac{0,023 \cdot 0,52^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,113} = 0,0028 \text{ м/м}, \quad (12)$$

где λ_o - коэффициент гидравлического сопротивления движению чистой воды в трубопроводах на фланцевых быстроразъемных соединениях.

Коэффициент гидравлического сопротивления λ_1 для несущей среды рассчитывается с учетом её повышенной эффективной вязкости μ_1 , включающей две составляющие: нормальную (ニュートンовскую) μ_n ($\frac{H \cdot C}{M^2}$) и структурную μ_m .

$$\mu_n = \frac{\mu_o}{(1 - 1,35S_1)^{2,5}}, \quad (13)$$

где $\mu_o = 1,138 \cdot 10^{-3} \frac{H \cdot C}{M^2}$ - значение динамического коэффициента вязкости воды.

Коэффициент гидравлического сопротивления λ_1 для несущей среды:

$$\lambda_1 = \frac{0,309}{(\ell g Re_1 - 1)^2} = \frac{0,309}{(2,75 - 1)^2} = 0,1. \quad (14)$$

Удельные потери напора в горизонтальном трубопроводе:

$$i_r = \frac{i_o c_o \lambda_1 (1 + a s_1)}{\lambda_o} + \frac{K_2 c_1 a_1 s_2 u_{*1}}{u} = 0,057 \text{ м/м}, \quad (15)$$

где $K_2 = 1,15$ - коэффициент, учитывающий наличие в смеси фракций +2,5 мм; $c_o = 1,9 \dots 2,5$ - эмпирический коэффициент для структурированной несущей среды (сuspension); $c_1 = 5 \dots 9$ - эмпирический коэффициент.

При прокладке бетоновода необходимо учитывать сопротивления, возникающие в вертикальных частях бетоновода и в коленах. Вертикальный участок бетоновода длиной 1 м и колена под углом 90, 45 и 30° эквивалентны по сопротивлению горизонтальному бетоноводу длиной соответственно 8, 12, 7 и 5 м. Таким образом, одна установка насоса позволяет осуществлять устойчивую доставку закладочной смеси на расстояние 250 м по горизонтали плюс 20 м по вертикали.

Список литературы

1. Проект «Сузdalский горно-перерабатывающий комплекс». - Усть-Каменогорск: ТОО «Казгипроцветмет», 2003. - Т. 2. - 147 с.
2. Корректировка технологической части (подземный рудник) проекта «Сузdalский горно-перерабатывающий комплекс». - Усть-Каменогорск: ДГП «ВНИИцветмет», 2007. - 118 с.
3. Проект «Увеличение мощности рудника Сузdalский, часть - технологическая (подземный рудник). Вскрытие и отработка запасов с горизонта +40 м до -100 м». - Усть-Каменогорск: ТОО «Горметпроект», 2009.
4. Оценка геомеханического состояния массива горных пород на Сузdalском месторождении и разработка рекомендаций по отработке запасов руд в этаже горизонтов +160 м + +40 м //Отчет о НИР/ТОО «Региональное обучение», ДГП «ВНИИцветмет»; Рук. А. Диденко, Ю.Н. Шапошник. - Усть-Каменогорск, 2011. - 44 с.
5. Технология приготовления закладки и ведения закладочных работ на руднике «Сузdalский» //Отчет о НИР/ТОО «Региональное обучение»; Рук. Л.А. Крупник, Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник. - Усть-Каменогорск, 2011. - 106 с.

Получено 15.08.11

УДК 662.223

Ю.И. Лопухов, Ш.С. Шакаримов
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**ТЕРМИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ
ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

Современное машиностроение базируется на использовании новых конструкционных материалов, обладающих рядом высоких физико-химических свойств, основным из которых является поверхностная износостойкость деталей машин и механизмов. Значительное количество таких деталей в процессе работы подвергается интенсивным контактным нагрузкам, абразивному, гидроабразивному, эрозионному, коррозионному и другим видам изнашивания. В этой связи исследователями непрерывно проводятся работы по изысканию более стойких конструкционных материалов и разрабатываются различные научно-ёмкие технологии по созданию износостойких поверхностных слоев на используемых сплавах. Последнее направление является более целесообразным, так как позволяет при сравнительно меньших затратах обеспечить в целом более высокие эксплуатационные параметры машин и технологического оборудования, сохраняя при этом высокую поверхностную износостойкость трущихся деталей. Значительное число рекомендуемых технологий по созданию модифицированных износостойких поверхностей с использованием объемных и концентрированных источников нагрева, а также легирующих композиций, являются энергоёмкими, экологически небезопасными, а в ряде случаев, например получения локальных и труднодоступных износостойких трущихся поверхностей сопряжений деталей машин, вовсе технически не выполнимыми.

Большие, ещё не совсем раскрытие технологические возможности имеет лазерная поверхностная упрочняющая обработка сплавов, используемых в машиностроении. При такой обработке обеспечиваются: локальный нагрев с отсутствием или минимальными деформациями и охлаждение по механизму теплопроводности вглубь материала, как правило, без применения охлаждающих сред. Получение высоких физико-механических свойств поверхностных слоев связано с высокими скоростями нагрева и охлаждения, составляющими 104...106 °C/c. Лазерный луч как уникальный технологический инструмент позволяет задавать и обеспечивать на локальной поверхности детали тонко регулируемые в широком диапазоне нужные термические циклы нагрева-охлаждения поверхностных слоев.

При лазерных скоростях нагрева времени для протекания диффузии углерода недостаточно, что и компенсируется некоторым повышением температуры критической точки Ac_3 диаграммы Fe-Fe₃C. При этом увеличивается разность свободных энергий и много-кратно растет скорость диффузии углерода в железе. В результате даже небольшое увеличение температуры нагрева Ac_3 , всего на 30...40 °C, приводит к снижению времени образования аустенита в сотни и тысячи раз. Незначительное повышение температуры одновременно приводит к увеличению скорости зарождения зёрен аустенита в 20...30 раз и достигает его количества зёрен 50...100 $\text{мм}^3/\text{с}$. В этом случае скорость зарождения в 3...4 раза больше скорости роста зёрен и аустенит имеет мелкозернистое строение с по-

вышенным уровнем напряжений [1].

Вследствие высокой скорости нагрева диффузионные процессы перестройки решетки объемно-центрированного куба избыточного феррита в решетку гранецентрированного куба аустенита могут не заканчиваться на линии GS диаграммы Fe-Fe₃C, и происходит сдвиг точки Ac_3 в область более высоких температур, также смещение точки Ac_m и обусловленный этим микроплавлением границы цементита с аустенитом (рис. 1, области 2 и 3). В рассмотренных случаях процесс диффузационного перераспределения углерода в аустените, т.е. гомогенизация аустенита, смещается в область еще более высоких температур [2].

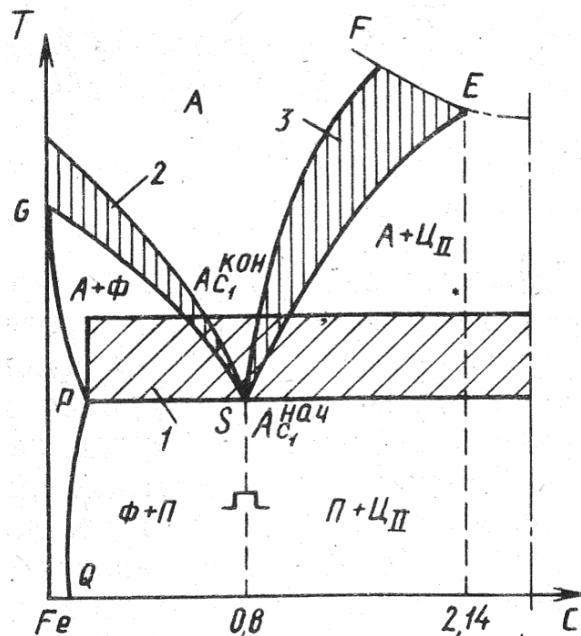


Рисунок 1 - Участок диаграммы Fe - Fe₃C с особенностями структурных превращений при высокоскоростном нагреве лучом лазера

С целью изучения зоны облучения при термическом лазерном упрочнении железоуглеродистых сплавов исследовали зону лазерного воздействия на сталь 45 (ГОСТ 1050-93) и чугун СЧ-30 (ГОСТ 1412-85). Закалку проводили на цилиндрических образцах диаметром 50 мм с оплавлением и без оплавления непрерывным излучением CO₂-лазера мощностью 1 кВт на установке «Комета-2» с конвективным охлаждением рабочей среды. Поверхностное термоупрочнение железоуглеродистых сплавов выполняли на режимах, представленных в табл. 1.

Таблица 1
Режимы упрочнения непрерывным лазерным излучением

Материал	P, Вт	d, мм	Скорость, м/мин	Глубина зоны упрочнения, мкм	Микротвердость после лазерной закалки, МПа
----------	-------	-------	-----------------	------------------------------	--

<u>Без оплавления</u>					
Сталь 45	700-800	4	1,4-1,6	500-800	7500-8000
Чугун СЧ 30	700-800	4	1,4-1,6	500-800	
<u>с оплавлением</u>					
Сталь 45	700-800	2,5	0,7-0,8	500-800	9500-9700
Чугун СЧ 30	700-800	2,5	0,7-0,8	500-800	

Структуру образцов изучали методом оптической и электронной микроскопии на оптическом микроскопе Neofot и растровом электронном микроскопе JSM-6390LV. Фазовый анализ проводили на дифрактометре Дрон-3. Замер твердости осуществляли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой 0,98 Н.

Исходная структура образцов из стали 45 состоит из перлитных зёрен с ферритной сеткой по границам зёрен. Но после непрерывного лазерного излучения с оплавлением (рис. 2,а) приповерхностный участок стали характеризуется существенными структурными изменениями в зоне лазерного воздействия (ЗЛВ).

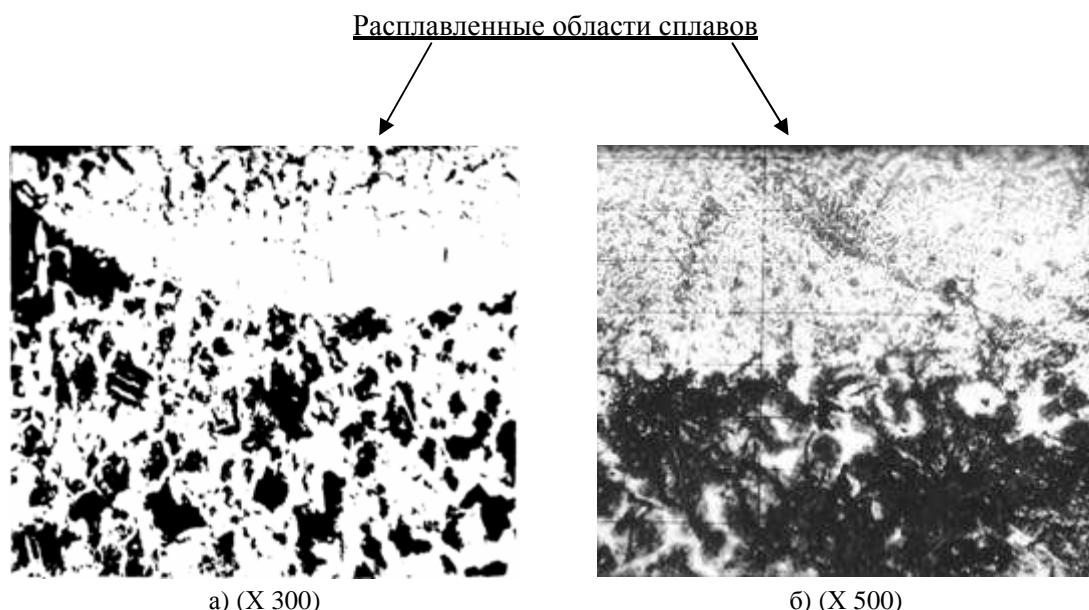


Рисунок 2 - Микроструктура образцов сталь 45 (а) и серый чугун СЧ-30 (б)
после облучения лазером в режиме с оплавлением

При этом степень завершённости аустенизации будет определяться максимальными температурами (до которых нагреваются различные зоны лазерного воздействия) скоростями нагрева и охлаждения, а также временем пребывания при температурах выше точки Ac_1 диаграммы Fe-Fe₃C.

Так, в верхних слоях стали 45 (зона оплавления и верхняя часть зоны термического влияния), нагретых до температуры плавления и околосолидусных температур, происходит полное превращение избыточного феррита в аустенит, а также насыщение бывших ферритных участков углеродом. В этих слоях в процессе высокоскоростного охлаждения после лазерного воздействия образуется мелкодисперсный мартенсит с рельефными границами между пластинами (рис. 3.1, 3.2). Это по-видимому образовался реечный мартенсит с некоторым количеством бейнита. Микротвёрдость зоны оплавления находится в

пределах от 7000...8500 МПа. Причём более высокие её значения имеют место в нижней части зоны, что можно объяснить более высокой скоростью охлаждения. С увеличением глубины ЗЛВ в нижних слоях, нагретых до более низких температур, насыщение углеродом бывших ферритных участков произойти не успевает. Это приводит к снижению устойчивости аустенита и увеличению критической скорости охлаждения, неоднородность структуры повышается. Вначале образуется мартенситотроостит, затем мартенсит и трооститная сетка, которая переходит в трооститоферритную (рис. 3.3) и на границе с исходной структурой – в ферритную (рис. 3.4).

Высокая скорость лазерной обработки снижает диффузионное перераспределение углерода между избыточным ферритом и перлитными колониями. Поэтому мартенсит, образующийся на месте перлитных колоний, может иметь концентрацию углерода, близкую к эвтектоидной. Часть цементитных пластин в перлите остаётся нерастворённой.

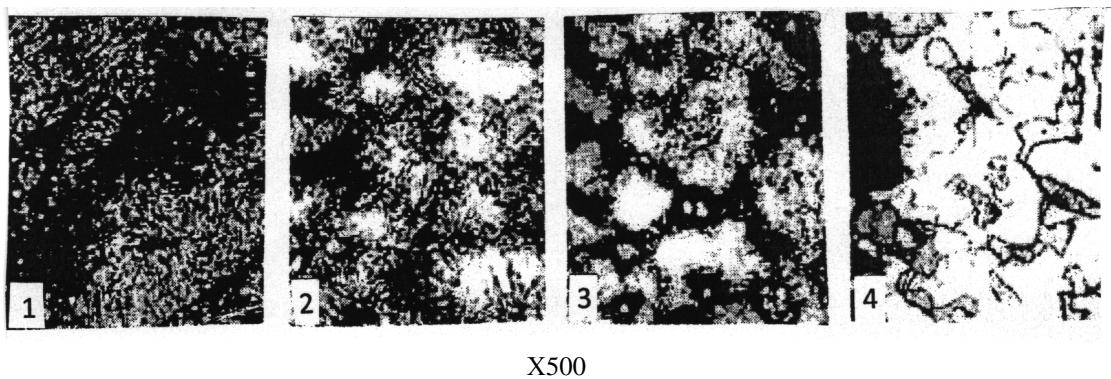


Рисунок 3 – Микроструктура различных слоёв ЗЛВ стали 45: 1 – зона оплавления; 2 – верхняя часть ЗЛВ; 3 - средняя часть ЗЛВ; 4 – нижняя часть ЗЛВ

В зависимости от микроструктуры и микротвёрдости сталь 45 по глубине зоны лазерного воздействия без оплавления имеет два слоя. В первом слое температура доэвтектоидной стали превышает верхнюю критическую точку Ac_3 и имеет мартенситную структуру. При этом поверхностная твердость в зоне термического лазерного упрочнения достигает 7500 МПа, чего нельзя достичь обычной объёмной закалкой, и глубина зоны упрочнения составляет 500 мкм. Второй слой – переходная зона, в которой металл соответствует нагреву в межкритическом интервале температур между точками Ac_3 и Ac_1 . Здесь имеет место неполная закалка. Этот слой имеет пониженную твердость вследствие сохранения ферритных зерен.

Лазерная обработка серого чугуна с оплавлением приводит к растворению графита в расплаве, вследствие чего в зоне оплавления формируется структура отбелённого чугуна (рис. 2). На рисунке видна зона проплавленной области, в которой наблюдается значительное насыщение поверхностного слоя углеродом – чёрные выделения. Также здесь присутствуют темно-серые области бейнита с игольчатой структурой и светлые области феррита с округлыми дисперсными включениями цементита. С удалением от поверхности уменьшается число графитовых включений. Основной структурной составляющей является пластинчатый перлит. Уменьшается число светлых ферритных областей, во внутренних объемах которых видны цементитные выделения.

Проведённый фазовый анализ серого чугуна после лазерной закалки показал, что мак-

симальное количество цементита (80 %) зарегистрировано в отбеленном слое на расстоянии 12 мкм от его поверхности. Затем количество цементита резко снижается и с 60 мкм падает до 4 % с отдельными всплесками (рис. 4). При этом остальной углерод (в количестве 0,055 %) находится в железной матрице.

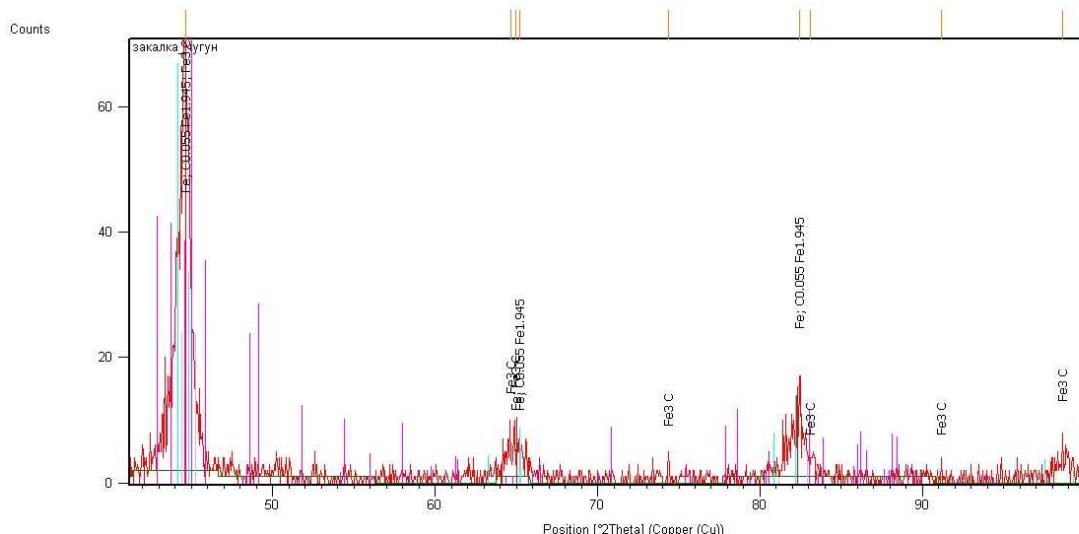


Рисунок 4 – Фазовый состав серого чугуна СЧ 30 после лазерного облучения

Кристаллизация чугуна происходит при высоких скоростях охлаждения. Эта структура характеризуется очень мелкими дендритами или ячейками аустенита, в междендритных промежутках которых расположена двухфазная составляющая - ледебурит. Особенность лазерного ледебурита в том, что он почти полностью состоит из цементита, т.е. кристаллизация осуществляется по механизму, близкому к квазиэвтектическому. Большое количество цементита определяет высокую твердость этой зоны.

Граница между зоной оплавления и зоной термического влияния в чугунах является неровной вследствие эффекта «контактного плавления», заключающегося в насыщении углеродом металлической матрицы около графитовых включений и понижений температуры плавления согласно диаграмме Fe-Fe₃C [4].

Для получения более детальных данных о микроструктуре приповерхностных слоёв стали и чугуна было получено изображение микроструктуры торцовой поверхности образцов в растровом электронном микроскопе в центральной части зоны лазерного воздействия. Микроструктура стали 45 представлена на рисунке 5,а, чугуна СЧ 30 - на рис. 5,б

Зоны закалки стали 45 неоднородны по сечению и зависят от температур, до которых нагреваются в процессе лазерного термоупрочнения, скорости нагрева и охлаждения, времени пребывания при температуре выше точки Ac₁.

В верхних слоях стали, нагретых до температуры плавления и околосолидусных температур (зона оплавления и верхняя часть зоны термического влияния), произошло полное превращение избыточного феррита в аустенит и полное насыщение больших ферритных участков углеродом. Светлая не травящаяся полоса (белый слой) представляет собой малоуглеродистый мелкодисперсный мартенсит. Далее в верхних слоях образовался мелкодисперсный мартенсит с рельефными границами между пластинами. Ниже

40...50 мкм совместно с мартенситом присутствует и бейнит.

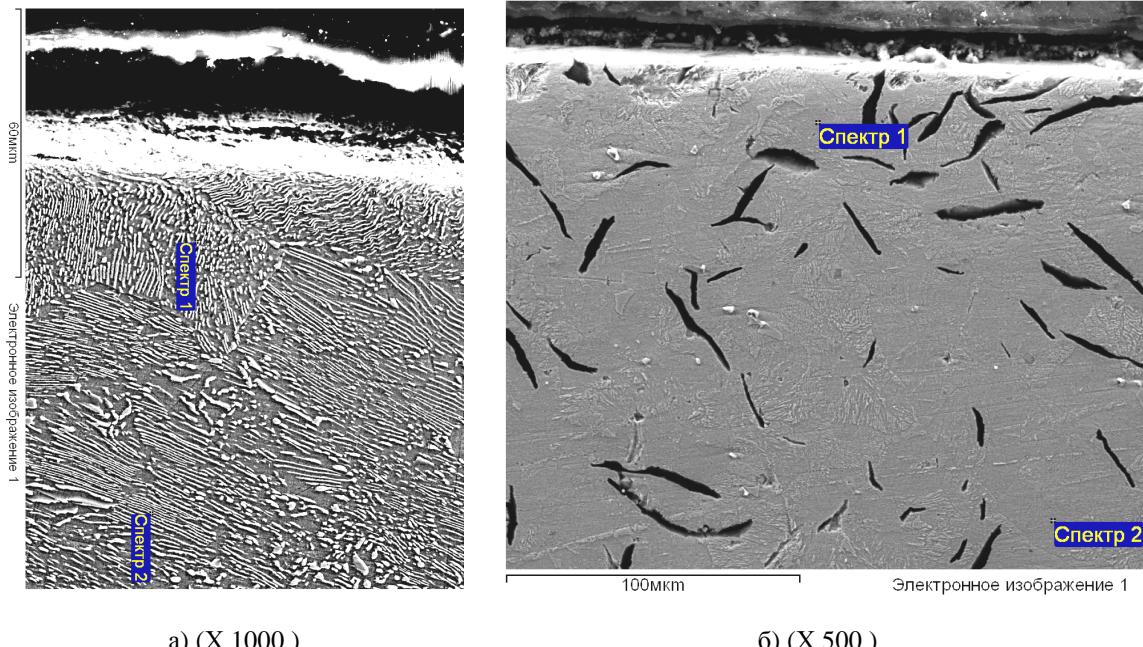


Рисунок 5 – Микроструктура приповерхностного слоя стали 45 (а) и серого чугуна СЧ 28(б)
по глубине после лазерного воздействия, РЭМ

При оплавлении серого чугуна пластинчатый графит растворяется в расплаве, и после кристаллизации формируется мелкодисперсная структура белого чугуна с выделениями графита в глобуллярной и мелко пластинчатой форме. Это качество - трансформация графита в сером чугуне при лазерном поверхностном воздействии, повышает его прочностные свойства, и в ряде сопрягаемых пар трения высокопрочный чугун, например ВЧ 60 или ВЧ 70, может быть заменён на серый чугун как более экономичный.

Из рисунка 5,б видно частичное выделение газов, адсорбированных графитом, что может приводить к образованию пор. Зона закалки из твёрдой фазы отличается очень неоднородной структурой. Ниже линии оплавления находится светлая полоса шириной 12 мкм, что свидетельствует о том, что здесь имело место значительное насыщение матрицы углеродом из графитовых включений.

Энергодисперсионный анализ (рис. 6, 7) показывает, что в поверхностных слоях углеродистых сплавов зарегистрировано значительное количество углерода: в стали 45 - до 15,37 % при равномерном его распределении, в чугуне СЧ30 – в пределах 14,97...19,2 % вблизи графитовых включений.

Таблица 2

Сталь 45

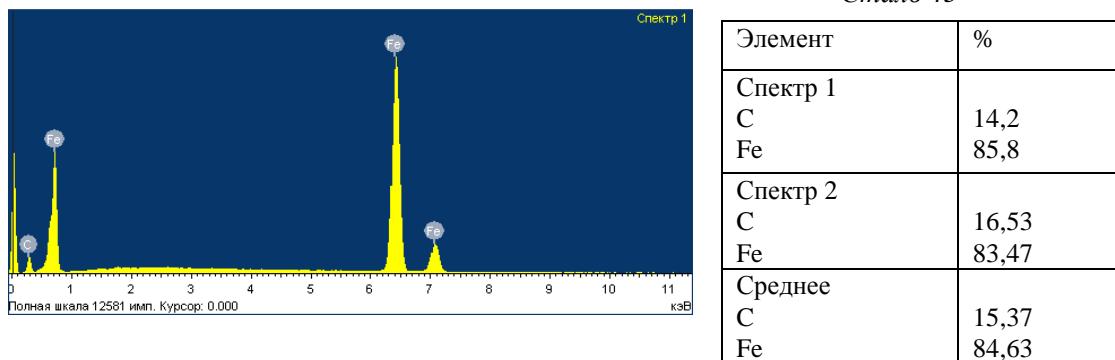
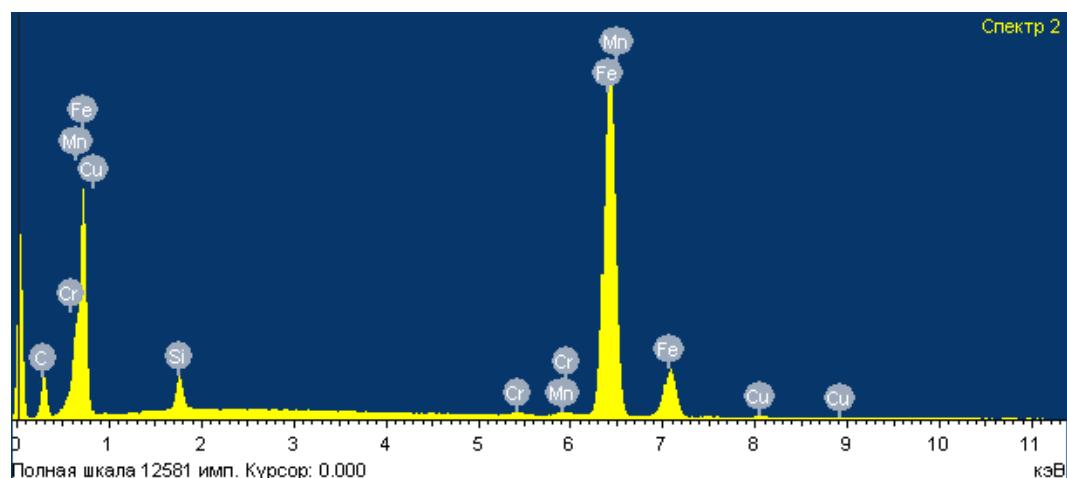


Рисунок 6 – Энергодисперсионный анализ стали 45
в зоне лазерного поверхностного воздействия (Спектр 1)



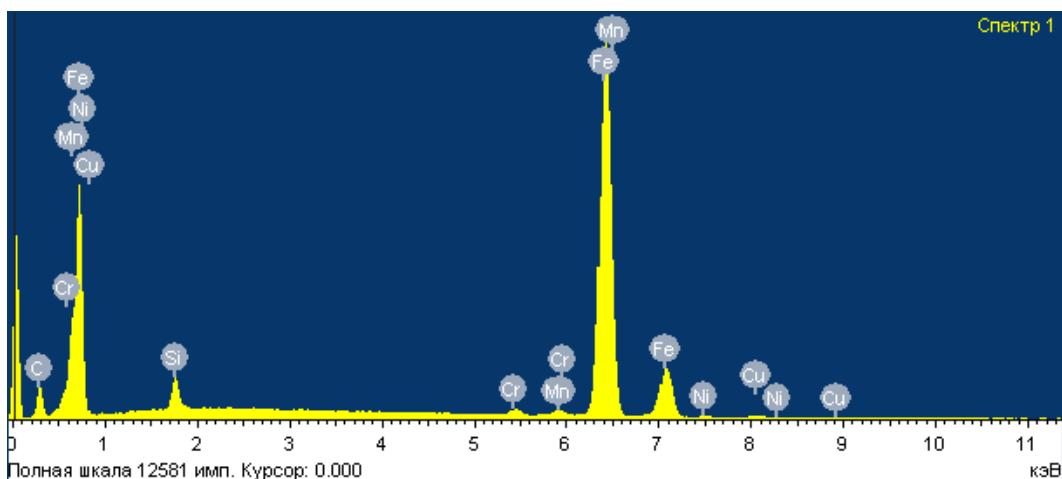


Рисунок 7 – Энергодисперсионный анализ серого чугуна СЧ- 30 в зоне лазерного поверхностного воздействия (Спектры 1 и 2)

Чугун СЧ-30

Таблица 3

Спектры	Содержание элементов в весовых %							Итого
	C	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	
Спектр 1	14,97	2,34	0,71	0,78	80,21	0,48	0,51	100
Спектр 2	19,20	2,42	0,38	0,50	76,84	0,48	0,66	100

Список литературы

- Леонтьева Н.А. Лазерная поверхностная обработка металлов и сплавов / Н.А. Леонтьева, Н.Т.Чеканова, М.Г.Хан. - М.: Металлургия, 1986. - 142 с.
- Андряхин В.М. Процессы лазерной сварки и термообработки. - М.: Наука, 1988. - 176 с.
- Григорянц А.Г. Основы лазерного термоупрочнения сплавов / А.Г. Григорянц, А.Н. Сафонов. - М.: Высшая школа, 1988.
- Козлов Г.И. Образование сверхтвёрдых структур и фазовые превращения углерода, происходящие в приповерхностном слое чугуна при лазерном воздействии // ЖТФ, 2002. - Т. 72. - Вып. 4. - С. 81.

Получено 13.09.11

УДК 622.27

В.Н. Мокроусов

ТОО «Региональное обучение»

Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОРАБОТКИ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ РУДЫ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ТОРТ-КУДУК»**

Месторождение «Торт-Кудук» находится на территории Экибастузского района Пав-

лодарской области и расположено в 220 км западнее областного центра г. Павлодара и 135 км к северу от пос. Майкаин АО «Майкаинзолото».

Золото-баритовое месторождение «Торт-Кудук» открыто в 1940 году и до 1997 года входило в структуру горно-обогатительного комбината АО «Майкаинзолото». С 1950 года месторождение разрабатывалось открытым способом, а в 1982 году было законсервировано. Месторождение вскрыто внутрикарьерной спиральной траншееей. По принятой системе отработки и соответственно применяемому горно-автотранспортному оборудованию высота вскрытых уступов была принята и фактически составляет 10 м. На момент консервации месторождения глубина его карьера составляла 86 м, размеры по верху - 320/250 м, по низу - 60/16 м. За время консервации месторождения его борта и предохраниительные бермы на отдельных участках были размыты водотоками, обрушиены или засыпаны. В настоящее время указанный карьер затоплен до отметки 50 м. На сегодняшний день контракт на недропользование принадлежит АО «Горно-обогатительный комбинат «Торт Кұдық».

Месторождение «Торт-Кудук» представляет собой баритовую залежь весьма сложной трубообразно-эллипсовидной формы. Сложное строение и изменчивая форма залежи предопределены изменениями элементов залегания тектонических зон как по простиранию, так и по падению. Падение залежи крутое ($80\text{--}85^\circ$) на север со склонением на запад под углом 40° , с глубиной рудное тело несколько выкручивается к югу. Контакты рудного тела большей частью четкие, резкие. Объемный вес руды $4,0 \text{ т}/\text{м}^3$, вмещающих пород – $2,5 \text{ т}/\text{м}^3$, коэффициент разрыхления – 1,6, коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова составляет для руды $f = 10\text{--}15$, для кварц-сернистых сланцев – $f = 6\text{--}10$. Руды не склонны к слеживаемости и самовозгоранию, не взрывоопасны, не радиоактивны. По содержанию кремнезема руды и вмещающие породы не селикозоопасные.

Для сравнения далее приведен химический состав окисленных и первичных руд месторождения (табл.). Как видно из данных, представленных в таблице, с глубиной резко уменьшается содержание в руде барита, однако резко повышается количество кремнезема и глинозема. Очень большое значение на процесс обогащения руды имеет наличие в руде глинозема. При содержании в исходной руде глинозема более 12 %, аппаратура золотоизвлекательной фабрики АО «Торт Кұдық» не справляется с процессом переработки как по количеству, так и по качеству получаемой продукции. Следует отметить, что на горизонте 100 м количество глинозема в руде еще более увеличивается по сравнению с подошвой карьера.

В настоящее время компанией разработан проект внедрения на обогатительной фабрике альтернативного способа переработки руд и техногенных минеральных образований методом чанового выщелачивания, использование которого позволяет достичь извлечения золота до 85 %, а извлечения серебра – до 90 % [1].

Длина рудного тела по простиранию на разных горизонтах изменялась от 70 м (поверхность – абс. отм. 260 м) до 105-80 м (до абс. отм. 200 м). Мощность рудного тела с глубиной уменьшается. Так, если до абс. отм. 260 м она в среднем составляла 40-25 м, то глубже уменьшилась до 12-5 м.

Химический состав окисленных и первичных руд месторождения Торт-Кудук

Химический состав	Горизонт 40 м Окисленные руды	Горизонт 84 м Первичные руды
-------------------	----------------------------------	---------------------------------

$BaSO_4$	92,05 %	50,8 %
SiO_2	4,0 %	25,1 %
Al_2O_3	1,52 %	14,39 %
Fe	1,19 %	4,9 %

Отработка месторождения «Торт-Кудук» в начальной стадии производилась по проекту института «Джезказганипроцветмет». Предельная глубина карьера определялась 60 м (абс. отм. 260 м), отработка открытым способом, ниже этой отметки по принятой технологии отработка месторождения была технически и экономически не пригодна. Также экономически невыгодной была признана и дальнейшая отработка месторождения ниже горизонта 240 м подземным способом на конечную глубину месторождения [2].

В 1968 году комбинатом «Майкаинзолото» был составлен проект отработки части запасов месторождения между абс. отм. 234-220 м открытым способом с выдачей руды наклонным подъемником на бункера промежуточного горизонта (гор. 50 и абс. отм. 270 м). Этот проект осуществлен не был из-за сложных гидрогеологических условий участка наклонного подъемника. Дело в том, что ложе подъемника проходило в зоне интенсивного дробления пород, и в зимний период, начиная с глубины 30 м от поверхности, образовывались значительные скопления наледи, которые приводили к деформации всего сооружения и полному выходу его из строя.

Для доработки запасов месторождения «Торт-Кудук» проектно-конструкторским отделом рудоуправления «Майкаинзолото» был составлен проект отработки оставшихся запасов руд открытым способом [3].

Затем в 1996 году ИГД им. Д.А. Кунаева был разработан проект опытно-промышленной доработки оставшихся запасов месторождения «Торт-Кудук» (с использованием скреперно-скипового наклонного подъемника) [4], практическая реализация которого не была осуществлена.

Выбор схемы, способа вскрытия и подготовки месторождения необходимо осуществлять на основе технико-экономического сравнения вариантов, приемлемых для конкретного шахтного поля [5].

Возможно использование ствола шх. «Слепая» после его восстановления, пройденного с днища карьера до абс. отм. 100 м. Однако ствол при отработке запасов руд в этаже гор. 230-220 попадает в зону обрушения, в связи с чем дальнейшее его использование нецелесообразно.

Из опыта работы горнодобывающих предприятий известны схемы выдачи горной массы по борту карьера наклонным скраповым подъемом, например на Сибайском карьере Сибайского филиала ОАО «Учалинский ГОК».

Однако при незначительной производительности рудника целесообразно применение на транспортировании горной массы автомобильного транспорта. Кроме того, использование скрапового подъемника при отработке месторождения «Торт-Кудук» (с уровня днища карьера на уровень гор. 260 м) повлечет за собой необходимость восстановления нижней северо-западной бермы карьера (для доставки самоходного оборудования, материалов и оборудования, ВМ и др. в шахту). Однако нижняя северо-западной берма карьера расположена в зоне сдвижения горных пород, в связи с чем эксплуатация нижней северо-западной бермы карьера невозможна.

По действующим «Правилам промышленной безопасности ...» [6] допускается при

ступенчатом вскрытии использование автотранспортных уклонов в качестве запасных выходов в аварийных ситуациях на вышележащие горизонты и непосредственно на поверхность при соблюдении следующих условий:

- выезд людей осуществляется специальным автотранспортом, находящимся ежесменно на нижнем горизонте ведения горных работ;
- вблизи уклонов на нижележащих горизонтах оборудуются в соответствии с проектом камеры аварийного воздухоснабжения, в которых обеспечивается хранение запасных самоспасателей в количестве, превышающем на 10 % максимальную численность смены. В необходимых случаях оборудуются камеры-убежища.

При отработке месторождения «Торт-Кудук» в условиях неполной геологической информации важную роль приобретает способ вскрытия автотранспортным уклоном. В этих условиях из транспортного уклона, пройденного вблизи рудного тела, ускоряется детальная и эксплуатационная разведка по уточнению морфологии и геометрии рудных тел, что обеспечит сокращение времени подготовки рудных тел к очистной выемке и более качественную добычу руды. Отличительной особенностью вскрытия месторождений автотранспортными уклонами является ускорение сроков ввода в эксплуатацию объекта и окупаемости инвестиционных затрат в 1,5-2,5 раза.

Исходя из этих предпосылок, месторождение планируется вскрывать с уровня днища карьера 234 м до горизонта 170 м транспортным уклоном, пройденным за зоной сдвижения горных пород со стороны лежащего бока залежи, вентиляционными восстающими и горизонтальными выработками через 20 м. С уровня днища карьера 234 м до уровня бермы на гор. 256 м отсыпается транспортная берма с уклоном 9° (на закруглении 7,3°). Для отсыпки транспортной бермы используется порода от проходческих работ при проходке транспортного уклона.

Транспортный уклон служит для доставки руды самосвалами МТИ DT-704 с гор. 170 м на поверхность с дальнейшей разгрузкой на рудный отвал. Кроме того, по транспортному уклону доставляются материалы и люди. Перевозка людей осуществляется специальным автотранспортом с поверхности к месту ведения работ и должна находиться ежесменно на нижнем горизонте ведения горных работ. Вентиляционные восстающие оборудуются ходовыми отделениями с выходом на каждый горизонт и служат для доставки людей, подачи свежего воздуха и выдачи загрязненного воздуха. На площадке с отметкой 284 м предусматриваются специальные места для осуществления погрузочно-разгрузочных работ, складирования материалов и конструкций.

Основными критериями при выборе систем разработки для месторождения являются обеспечение максимальной полноты выемки запасов ценных руд и безопасность ведения горных работ. При выборе систем разработки также учитывались следующие факторы: устойчивость руд и вмещающих пород; мощность и угол падения рудных тел; пожароопасность руд.

В ТЭО рассмотрены следующие варианты выемки запасов руд месторождения «Торт-Кудук» [8]. Первый вариант - система разработки подэтажными штреками с обрушением и применением самоходного оборудования. Отработка ведется сверху вниз. Второй вариант - система разработки подэтажными штреками с закладкой выработанного пространства сухой породой и применением самоходного оборудования. Отработка ведется снизу вверх.

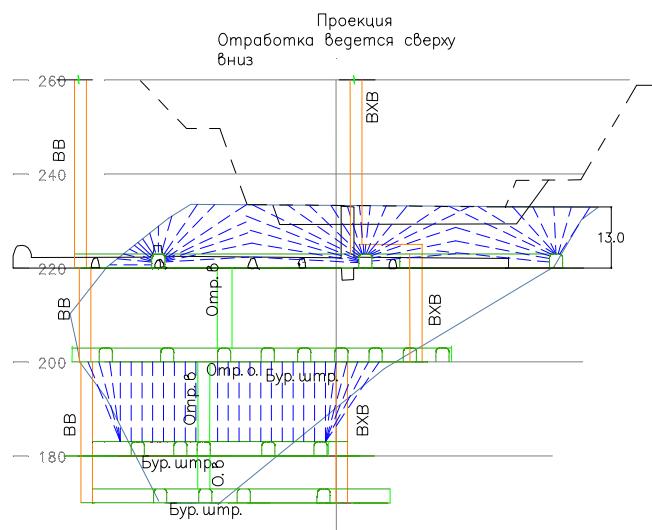
Первый вариант

Добыча ведется сверху вниз под защитой временно оставляемой рудной потолочины.

Толщина потолочины принята 13 м (до уровня абс. отм. 100 м) и проверена на устойчивость (при коэффициенте крепости – 10÷15, коэффициент запаса прочности – 1,9÷2,4).

Рудное тело по вертикали разбивается на четыре подэтажа. По мере углубки уклона на гор. 200 м возможно проведение подготовительно-нарезных работ на гор. 200 м, в том числе проходка вентиляционно-ходового и вентиляционного восстающего с уровня гор. 200 м на поверхность. После проведения подготовительно-нарезных работ на гор. 200 м можно начинать очистную выемку. На нижележащих горизонтах гор. 180 м и 170 м цикл подготовительно-нарезных работ и очистных работ повторяется. После отбойки руды в этаже гор. 170 ÷ 220 м с буровых ниш полевого штreta гор. 220 м обуруивается и отбивается потолочина и одновременно гасится пустота разбуренным породным лежачим боком. Отбитая руда выпускается на уровне гор. 170 м.

Применение данной системы разработки даст возможность совмещения проходки транспортного уклона и ведения очистных работ, что значительно улучшит экономические показатели проекта.



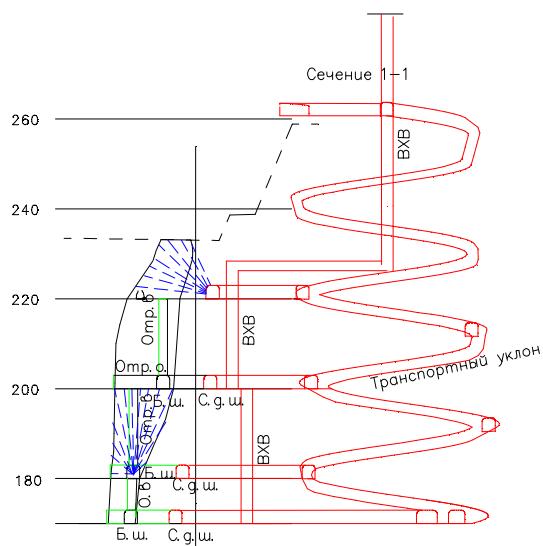


Рисунок 1 - Система разработки подэтажными штреками с обрушением и применением самоходного оборудования (отработка сверху вниз)

Второй вариант

Отработка месторождения ведется снизу вверх под рудным массивом системой разработки подэтажными штреками с породной закладкой (рис. 2).

Сначала отрабатываются запасы руды на отметке 170 м, затем выработанное пространство засыпается породой. Следующий слой на отметке 180 м, работы ведут на отсыпанной породе, затем производят выемку запасов руд и опять выработанное пространство заполняют породой и так продолжают до тех пор, пока не отработают оставшиеся запасы руды на отметке 220 м.

Отработка месторождения снизу вверх под защитой временно оставляемой рудной потолочины системой разработки подэтажными штреками с породной закладкой позволяет утилизировать пустую породу от проходческих работ в выработанное пространство. Однако в данном случае необходимо учитывать затраты на доставку породы и ее укладку в отработанные камеры. Кроме того, при данной технологии выемка запасов руд начнется только после полной проходки транспортного уклона и вентиляционного и вентиляционно-ходового восстающего, что значительно снижает инвестиционную привлекательность проекта.

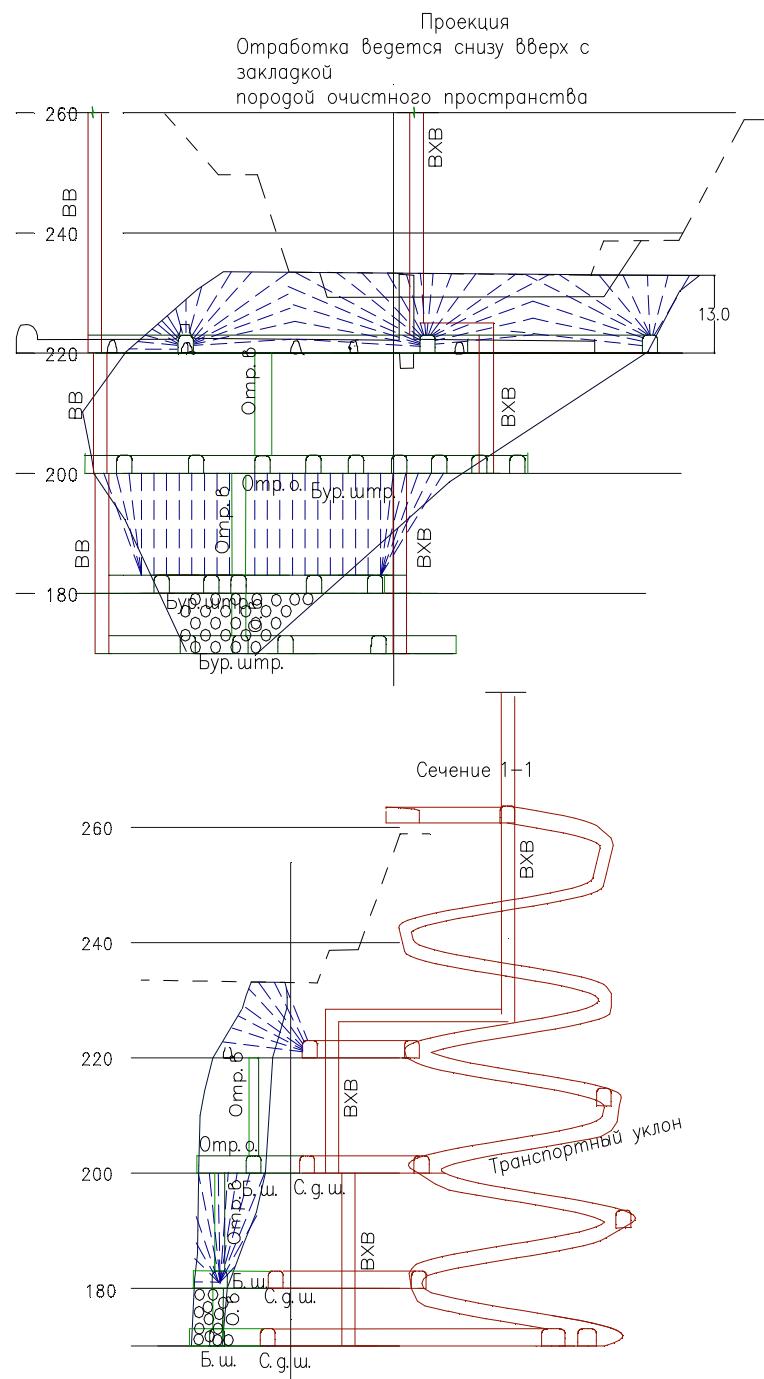


Рисунок 2 - Система разработки подэтажными штреками с закладкой выработанного пространства сухой породой и применением самоходного оборудования (отработка снизу вверх)

На основании технико-экономического сравнения для отработки подкарьерных запасов месторождения «Торт-Кудук» принимаем систему разработки подэтажными штреками с обрушением и применением самоходного оборудования (отработка сверху вниз).

В результате обогащения руд на обогатительной фабрике получаем два продукта:

флотоконцентрат, содержащий золото и баритовый концентрат.

- Расчет стоимости товарной продукции выполнен по условию продаж концентратов:
- 60 % от текущих цен на золото 1400 долл. США/унц. во флотоконцентрате;
 - баритовый концентрат по 100 долл. США за 1 тонну.

Себестоимость добычи подкарьерных запасов подземным способом определена с учетом норм и цен на материалы, электроэнергию, заработную плату – по аналогии с подземными рудниками, ведущими добычу системами отработки с применением самоходного оборудования. Себестоимость обогащения для расчетов ТЭО принята по фактически сложившимся затратам на обогащение руд данного месторождения на местной обогатительной фабрике.

Расчеты доказали экономическую целесообразность вскрытия, отработки и обогащения оставшихся подкарьерных запасов данного месторождения.

Ключевые показатели проекта по реалистическому сценарию: внутренняя норма прибыли – 18,98 %; дисконтированный период окупаемости – 2,8 года.

Ключевые показатели проекта по пессимистическому сценарию падения цен на золото следующие: внутренняя норма прибыли – 12,76 %; дисконтированный период окупаемости – три года.

Степень риска данного проекта определена по изменению самого чувствительного показателя - цены на золото.

Для снижения финансовых рисков данного проекта следует при разработке проекта рассмотреть вопросы повышения извлечения золота из руды в концентрат.

Список литературы

1. Инвестиционный меморандум выпуска привилегированных акций АО «Горно-обогатительный комбинат «Терт Кұдық». – Астана, 2006.
2. Проектное задание предприятия комбинат «Майкаинзолото», рудник Торт-Кудук, объект шахта «Новая» / Джезказганипроцветмет. – Ч. экономическая. – Т. I.
3. Технико-рабочий проект доработки запасов месторождения «Торт-Кудук», ПО «Каззолото», ПКО РУ «Майкаинзолото», Майкаин. – 1990.
4. Проект опытно-промышленной доработки оставшихся запасов месторождения «Торт-Кудук» / ИГД им. Д.А. Кунаева. – 1996.
5. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с подземным способом разработки: Метод. рекомендации. Согласованы приказом Комитета по государственному контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью Республики Казахстан от 4 декабря 2008 года. – № 46.
6. Правила промышленной безопасности при ведении работ подземным способом; Утв. приказом министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 25 июля 2008 года. – № 132.
7. Корректировка проекта «Опытно-промышленная доработка оставшихся запасов месторождения «Торт-Кудук» / Ю.Н. Шапошник, В.Н. Мокроусов, А.А. Зинин. – Усть-Каменогорск: ТОО «Региональное обучение», 2011. – 153 с.
8. Технико-экономическое обоснование «Вскрытие и отработка подкарьерных запасов месторождения «Торт-Кудук» АО «ГОК «Терт Кұдық» с мощностью подземного рудника 50 тыс. тонн руды в год» / Ю.Н. Шапошник, В.Н. Мокроусов, А.А. Зинин. – Усть-Каменогорск: ТОО «Региональное обучение», 2011. – 94 с.

Получено 28.07.11

УДК 669.721.

Г.С. Пестова
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФТОРИДА БЕРИЛЛИЯ МАГНИЕМ.
ДОПУСТИМЫЕ РЕШЕНИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ШИХТЫ**
Часть III

От продолжительности реакционной диффузии в исследуемом процессе зависят степень восстановления металла g и чистота металла по примесям. Целевая функция $f(g)$ [1] для процесса восстановления составлена, в связи с этим, по основному параметру – времени реакции t , условие оптимальности восстановительного процесса будет достигаться при минимуме целевой функции $f(t) = f\left(\frac{x^2}{4\eta^2 D_b}\right) = \min$ [2], где толщина слоя шлака x определяется размером гранулы d ; для процесса восстановления фторида бериллия (ФБ) магнием $x = \xi = 0,28d$, рассчитана из условия 100 %-го восстановления [2]. Размер гранулы d здесь выступает управляющим параметром, который позволяет выполнить оптимизацию процесса.

Постановка задачи. Функция $f(t)$ сложным образом зависит от параметра d , связанного с параметром состояния T уравнениями диссоциации связей, зернограничной и реакционной диффузий. В процессе восстановления параметры должны удовлетворять ограничениям

$$T_1 \leq T \leq T_2; d_1 \leq d \leq d_2,$$

где T_1 и T_2 – температурный интервал 723 – 873 К процесса, который находим из анализа состояния процесса; d_1 и d_2 – рассчитываемый размерный интервал гранул шихты. Время t реакции восстановления – время роста слоя шлака толщиной ξ , рассчитано численным методом [3] по уравнению [1]:

$$t = \frac{x^2}{4\eta^2 D_{bF(Mg)}}, \quad (1)$$

где $0 \leq x \leq \xi$. Возможная толщина слоя шлака ξ приведена в табл.1 [2].

Таблица 1

Толщина слоя ξ шлаковой фазы (MgF_2)

d_{BeF_2} , мм	1	3	5	10	14	18	29
ξ , мм	0,29	0,85	1,4	2,89	4	5,2	8,2

Рост слоя шлака толщиной x рассматриваем со стороны фтора и магния, как взаимно дифундирующих реагентов. В этом случае уравнение целевой функции $f(t)$ записывается в виде функции:

$$f = a_1 x_1^2 - a_2 x_2^2 = \min, \quad (2)$$

где $a_1 x_1^2$ – относится к диффузии магния, $(-a_2 x_2^2)$ – к диффузии фтора и составляют время, рассчитанное из условия реакционной диффузии [2]. Величины x_1 и x_2 в задаче принимаем равными толщине слоя шлаковой фазы ξ : $x_1 = x_2 = x = \xi$. Коэффициенты a изменяются в зависимости от температуры (индекс j) и состава гранул (индекс i) $a_{ij} = \frac{1}{4\eta^2 D_{jb}}$.

В области определения функции $f(t) | 1 \leq d \leq 29$ для шихты из ФБ граничный минимум

будет при $d = 1$, граничный максимум функции – при $d = 29$ [2], внутреннего экстремума функции $f(t)$ не существует. Так как в реакцию вступают гранулы определенного весового соотношения, и реакция идет до исчезновения одного из реагентов, то целевая функция будет иметь ограничение: сколько реагента подводится к реакционной поверхности, столько и прореагирует:

$$a_1x^2 - a_2x^2 = z, \quad (3)$$

где z – время роста шлакового слоя, равное продолжительности реакций диффузии в грануле ФБ. Допустимое решение в этом случае будет представлять множество решений в плоскости $d - d$. Цель настоящей работы состоит в построении плана, минимизирующего целевую функцию $f(t)$ по параметрам a_{ij} в зависимости от T и d .

Методика исследований. Расчет проводится методом случайного поиска [1]: для ряда случайных значений d , начиная с $d = 1$ до $d = 29$ мм, рассчитываем функцию f по уравнению (1), и выбираем наименьшее из значений $f(d_1, d_3, \dots, d_{29})$. Записываем матрицу-строку $1 \times n$ и выбираем наименьшее значение функции $a_{11}x^2, a_{12}x^2, a_{13}x^2 = f_1(t)$, соответствующее температуре 873К, при которой процесс восстановления заканчивается:

m	n			$f(t)$
	723	733	873	
$d, \text{мм}$	$t, \text{сек } (a \cdot x^2 \text{ для фтора})$			
1	0,0186	0,018	0,0173	0,0173

Процедуру повторяем для всех выбранных диаметров (1 – 29) мм как для ФБ, так и для магния. В табл. 2 приводятся значения a_1x^2 и a_2x^2 для диффузии фтора и магния по ряду диаметров гранул шихты и толщин слоя, и параметры уровней целевой функции $f(t)$, вычисленные по уравнению (1).

По данным табл. 2 на рис. 1 в плоскости $d - d$ построено решение уравнения (3). Размеры гранул магния и ФБ в начале исследования приняли равными, линии уровней z_1, z_2, \dots, z_{29} на плоскости $d - d$ будут представлять параллельные линии, соответствующие диаметрам d_1, d_2, \dots, d_{29} , внутренних экстремумов функция не имеет, по определению ее первая производная по x не равна нулю: $f'(x) = 2a_1x - 2a_2x > 0$. Оптимальное решение будет находиться в плоскости ниже линии уровня z_{29} , соответствующего одному молю, рис. 1. Это средние значения диаметров d в области определения $f(t)$: $10 \leq d \leq 18$ мм [2, рис. 3].

На рис. 2 в плоскости $d - d$ показано решение задачи минимизации состава шихты для процесса восстановления тетрафторида урана магнием по расчетным данным [2]. Область определения функции $f(t)$ ($0 \leq d \leq 1$) имеет один граничный максимум при $d=1$ и один минимум при $d=0$. В этом интервале находится оптимальное значение времени реакции.

Таблица 2

Параметры роста шлакового слоя по уравнению $t_i = a_i x^2$ и уровни z функции $f(t)$ оптимизации состава шихты

d, мм (BeF ₂)	1	3	5	10	14	18	29
x ₁ ,x ₂ , мм	0,29	0,85	1,4	2,89	4	5,2	8,2
t, с	$a_1 x^2$ (фтор)	0,0173	0,148	0,40	1,70	3,3	5,6
	$a_2 x^2$ (магний)	0,040	0,34	0,92	4,0	7,53	31,7
$f(t)$	$a_2 x^2 - a_1 x^2$						
z, с (3)	0,0227	0,192	0,52	2,3	4,23	7,14	17,9

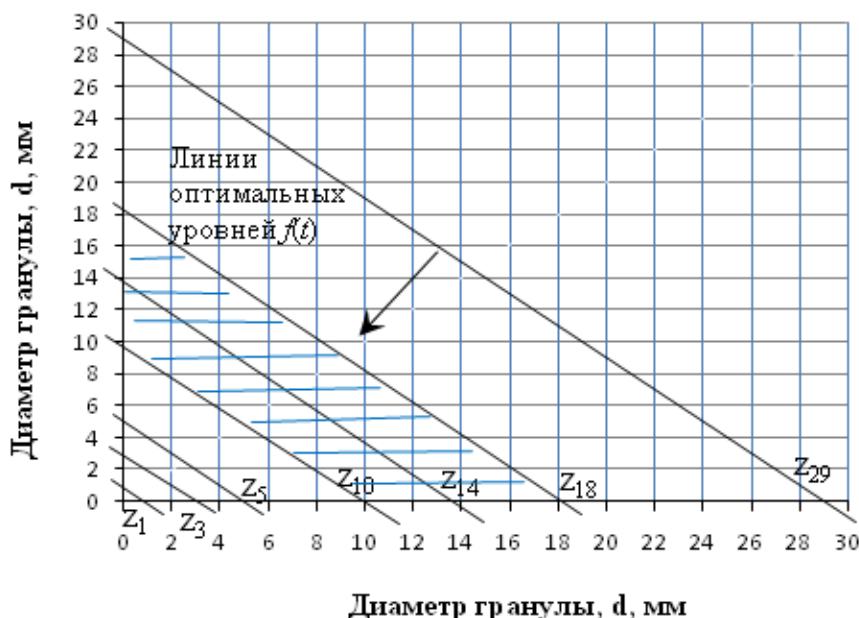


Рисунок 1 - Множество решений в плоскости d-d в задаче восстановления BeF₂ магнием для функции $f = a_1 x_1^2 - a_2 x_2^2 = \min$: $z_1=0,0227$, $z_3, \dots, z_{29}=17,9$ - уровни целевой функции, сек; d – размер гранулы, мм

Для оксида хрома, восстанавливаемого алюминием, решение минимизации состава шихты по расчетным данным [2] показано на рис. 3. Оптимальное значение состава находится в области $0 \leq d \leq 2$.

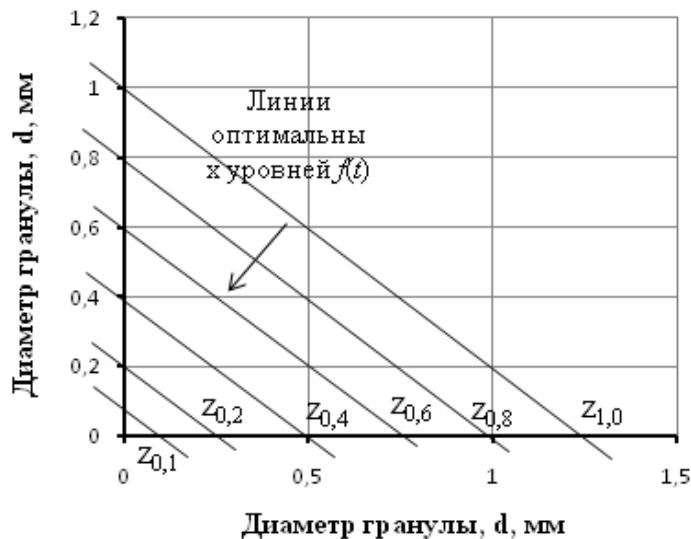


Рисунок 2 - Множество решений в плоскости $d-d$ в задаче восстановления UF_4 магнием для функции $f(t) = a_1x - a_2x = \min$: $z_{0,1} = 2,63 \cdot 10^{-6}$, $z_{0,2}, \dots, z_{1,0} = 1,69 \cdot 10^{-6}$ - уровни целевой функции, сек; d – размер гранулы, мм

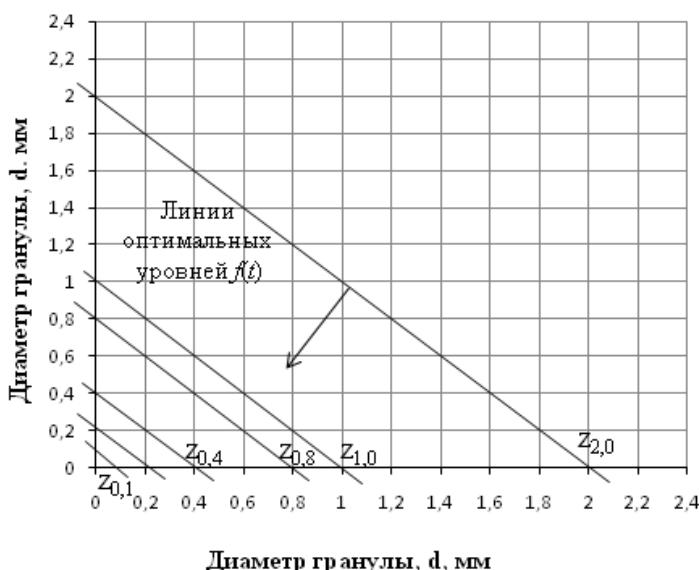


Рисунок 3 - Множество решений в плоскости $d-d$ в задаче восстановления Cr_2O_3 алюминием для функции $f(t) = a_1x - a_2x = \min$: $z_{0,1} = 2,8 \cdot 10^{-4}$, $z_{0,2}, \dots, z_{2,0} = 0,11$ - уровни целевой функции, сек; d – размер гранулы, мм

Оптимальный состав гранулированной шихты, как видим, определяется положением восстанавливаемого металла в Периодической системе элементов: чем выше порядковый номер металла и чем выше температура плавления, тем больше молярная масса M , меньше толщина слоя шлака ξ , большие низкотемпературный интервал ΔT , тем больше лимитирует диффузия восстановителя, тем мельче должен быть состав шихты (табл. 3)

[2, 4].

Таблица 3

№ Me в ПС	4/Be	23/V	24/Cr	41/Nb	92/U	Mg	Al
Соеди- нение	BeF ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	UF ₄		
ΔT	146	20	1675	830	352		
M	47,01	181,88	151,99	265,81	314,02	24,31	26,98
d _{моль, мм (6)}	28,7	37,8	31	37,7	36		
d, мм (9)	0,8 · d _{BeF₂M}	0,34d _{BeF₂M}	0,38d _{BeF₂M}	0,26d _{BeF₂M}	0,23d _{BeF₂M}		
d _{MAX, мм (8)}	23,0	12,76	11,7	9,9	8,1		
d _{ОПТ, мм}	10-18	(1,0 – 2,0) – 25 % [5]	< 0,06 мм – 54,5 % [5]	(0,16 – 0,25) – 46,5 % [5]		Восстанови- тели	
Приме- нение							

ФБ как соединение с молекулами небольшого размера выберем за точку отсчета размера гранул соединений термически восстанавливаемых металлов и рассчитаем соотношение масс m молекул соединений BeF_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 , Nb_2O_5 , UF_4 относительно молекулы

ФБ $n_1 = \frac{m}{m_{q,BeF_2}}$ и восстановителя $n_2 = \frac{m}{m_{q,Mg(Al)}}$. Так как масса – характеристика объема, ку-

бический корень из этого отношения дает число уменьшения размера гранулы. Поэтому гранула восстанавливаемого соединения будет меньше по объему относительно гранулы ФБ в $n_1 \cdot n_2$ раз. Например, отношение масс ФБ и магния составляет $n_2 = 1,95$, для UF_4 и $\text{BeF}_2 - n_1 = 6,68$, а для UF_4 и $\text{Mg} - n_2 = 13$. Максимальный размер гранулы UF_4 будет уменьшен в n раз: $d = \sqrt[3]{V_{\text{UF}_4} / (n_1 \cdot n_2)} = 8,1$ мм. То есть максимальный размер гранулы восстанавливаемого соединения будет составлять часть от его моля M пропорционально молярным массам восстановителя $M_{\text{Mg(Al)}}$ и фторида бериллия BeF_2 и обратно пропорционально плотности ρ и молярной массе восстанавливаемого соединения M :

$$d_{max} = \sqrt[3]{\frac{M_{BeF_2} \cdot M_{Mg(Al)}}{\rho \cdot M}} . \quad (4)$$

Внутри же области определения функции $f(t)$ размер гранулы будет определяться формулой $d = d_{BeF_2} = \sqrt[3]{\frac{M_{BeF_2} \cdot M_{Mg}}{M^2}}$ относительно диаметра ФБ. Большая разница ΔT между температурами плавления урана и магния, хрома и алюминия приводит к гранулам реагентов шихты в виде порошков.

Таким образом, область определения целевой функции восстановления ФБ – продолжение

жительность реакции, – имеет граничные экстремумы: минимальный и максимальный размеры гранул, внутри области нет экстремумов, оптимальное значение параметра для ФБ находится в области средних значений размеров 10-18 мм.

Максимальный размер гранулы ФБ определяется положением восстановляемого металла в ПС: бериллий в ПС практически первый из металлов, получаемый восстановлением ФБ в стадии низких температур, и максимальный размер гранулы ФБ практически равен объему моля ФБ.

Для металла, следующего в ПС за бериллием, максимальный размер гранулы восстанавливаемого соединения будет составлять часть от его моля пропорционально молярным массам восстановителя и ФБ и обратно пропорционально плотности и молярной массе восстанавливаемого соединения $d_{max} = 10,55(10,82_{Al})/\sqrt[3]{\rho \cdot M}$.

Внутри области определения функции гранула соединения соответствует части гранулы ФБ, равной постоянному множителю в виде корня кубического из произведения отношений масс молекул ФБ, восстановителя (магний или алюминий) и восстанавливаемого соединения

$$d = d_{BeF_2} [10,55(10,82_{Al})/\sqrt[3]{M^2}].$$

Список литературы

1. Корн Г. Справочник по математике [Текст] / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1973. – 832 с.
2. Пестова Г.С. Исследование процесса восстановления фторида бериллия магнием. Продолжительность реакции восстановления // Вестник ВКГТУ. – 2011. – № 2. – Усть-Каменогорск, 2011. – ч.2. – С. 14-21.
3. Райченко А.И. Математическая теория диффузии в приложениях. – Киев: Наукова думка, 1981. – 396 с.
4. Пестова Г.С. Исследование процесса восстановления фторида бериллия магнием. Оптимизация состава шихты из закономерностей диссоциации связей молекул. Диффузия реагентов // Вестник ВКГТУ. – 2011. – № 1. – Усть-Каменогорск, 2011. – ч.1. – С. 31-39.
5. Лякишев Н.П. Алюминотермия / Н.П. Лякишев, Ю.Л. Плинэр, Г.Ф. Игнатенко, С.И. Лаппо. – М.: Металлургия, 1978. – 424 с.

Получено 15.08.11

УДК 622.27

Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник, Д.А. Минина
ВКГТУ им. Д. Серикбаева

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЕРВИЧНЫХ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ РУДЫ ДЛЯ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ САМОХОДНОЙ ТЕХНИКИ

При определении разубоживания руды в результате прирезки боковых пород для создания необходимой ширины очистного пространства исходят из минимально допустимой или экономически целесообразной ширины очистного пространства. Минимально допустимая ширина очистного пространства устанавливается проектом разработки и принимается в каждом конкретном случае в зависимости от угла падения рудного тела, принятой технологии отбойки и доставки руды, необходимости крепления очистного пространства [1].

Экономически целесообразную (оптимальную) ширину очистного пространства m_o определяют путем сравнения возможных вариантов отработки жилы с различной выемочной мощностью. За оптимальную ширину очистного пространства принимают значение m_o в варианте с наибольшей прибылью с единицы погашенных балансовых запасов.

При известной минимально допустимой или оптимальной ширине очистного пространства m_o нормативное разубоживание P (%) этого вида для различных значений мощности рудного тела m_p определяют по формуле

$$P = \frac{(m_o - m_p) \cdot \gamma_2}{m_p(\gamma_1 - \gamma_2) + m_o \gamma_2} \cdot 100. \quad (1)$$

В случае $\gamma_1 = \gamma_2$ вышеприведенная формула принимает следующий вид:

$$P = \frac{m_o - m_p}{m_o} \cdot 100. \quad (2)$$

На основании нормативных документов [2, 3] к первичным (конструктивным) потерям относят:

- потери руды в массиве за счет оставления неотбитой руды на контакте с вмещающими породами (сложное строение рудного тела, апофизы и при построении выемочного контура). Определяются графическим построением контуров выемки камер;

- потери в горно-подготовительных и нарезных работах.

Ново-Широкинское месторождение находится в Читинской области Российской Федерации и отрабатывается совместно ОАО «Росдрагметаллы» и ТОО «Казцинк». Месторождение находится в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты мощностью от 38 до 123 м. Рудные тела имеют жилообразную форму, крутое падение и залегают кулисообразно относительно друг друга. Расстояние между соседними рудными телами в зоне от 5-10 до 60 м. Руды и вмещающие породы монолитные, устойчивые. Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова для руды – 8...14, для вмещающих пород – 11...16. Объемная масса сульфидных руд – 3,10 т/м³, смешанных – 2,89 т/м³, вмещающих пород – 2,8 т/м³. Коэффициент разрыхления 1,5-1,6. Содержание свободной двуокиси кремния от 15 до 40 %.

На месторождении условно было выделено четыре основных типа рудных тел, определяющих выбор системы разработки [4]:

I тип - крутопадающие средней мощности рудные тела (5-15 м), достаточно выдержаные по падению и простианию;

II тип - крутопадающие средней мощности рудные тела (3-5 м);

III тип - крутопадающие маломощные рудные тела (до 3 м) или их части, представляющие различного рода подвески между горизонтами, апофизы, ответвления и пр.;

IV тип - наклонные рудные тела (40-55°) мощностью от 0,8 до 7,0 м (табл. 1).

В работе [5] выполнено обоснование параметров для расчета первичных потерь и разубоживания для принятых систем разработки при опытно-промышленной отработки части рудных тел Восточного фланга Ново-Широкинского месторождения в этаже отметок 933-850 м, в границах линий разрезов ортов 10-16б от линии штреков 3 до 01.

Таблица 1

*Основные типы рудных тел Ново-Широкинского месторождения,
определяющие выбор системы разработки*

Горизонты	Балансовые запасы руды, тыс. т	Классы мощностей рудных тел, м					
		<3		3-5		5-15	
		Угла падения рудных тел, град					
		<55°	≥55°	<55°	≥55°	<55°	≥55°
гор. 930 м	139,4	-	10,2	-	129,2	-	-
гор. 850 м	1274,5	53,4	296,3	13,4	475,9	-	435,5
гор. 800 м	1356,9	65,9	293,7	10,2	515	62,2	409,9
гор. 750 м	1746,4	49,5	241,6	-	567,8	47,8	839,7
гор. 700 м	1462,1	18,6	181,6	-	660,5	-	601,4
гор. 650 м	1185,8	17,2	166,7	-	685,3	-	316,6
гор. 600 м	975,8	35,6	227,2	-	563,2	-	149,8
Всего:	8140,9	240,2	1417,3	23,6	3596,9	110	2752,9
Запасы руды относительные, %	100	3,0	17,4	0,3	44,2	1,4	33,8
		20,4		44,5		35,2	

Довольно сложные горно-геологические условия месторождения обусловили необходимость опытно-промышленной проверки в процессе эксплуатации месторождения нескольких систем разработки (рис. 1):

- сплошная система разработки подэтажными штреками при торцевом выпуске руды под обрушенными налегающими породами (СПОС);
- камерно-целиковая система разработки с плоским днищем и скважинной отбойкой руды с закладкой выработанного пространства (КЦПС);
- камерно-целиковая система разработки с магазинированием и скважинной отбойкой руды (с использованием комплекса «Алимак») с закладкой выработанного пространства;
- слоевая система разработки с закладкой выработанного пространства.

Для расчета показателей потерь и разубоживания при выпуске руды под обрушенными породами использована расчетная модель, разработанная в технологическом регламенте на производство обычных работ [6]. Модель основана на гравитационной теории выпуска. По каждой дозе выпуска определяется положение границы между рудой и вмещающими породами, объем потерянной руды и разубоживающей породы. Критерием прекращения выпуска является превышение разубоживания в дозе выпуска критического значения, определяемого на основании среднего и минимально-кондиционного содержания полезного компонента в ВЕ по формуле:

$$P_{np} = \frac{c - a_o}{c - b}, \quad (3)$$

где c - среднее содержание условного золота в ВЕ, г/т; a_o - минимально-кондиционное содержание условного золота в блоке, г/т; b - среднее содержание в разубоживающих породах, г/т.

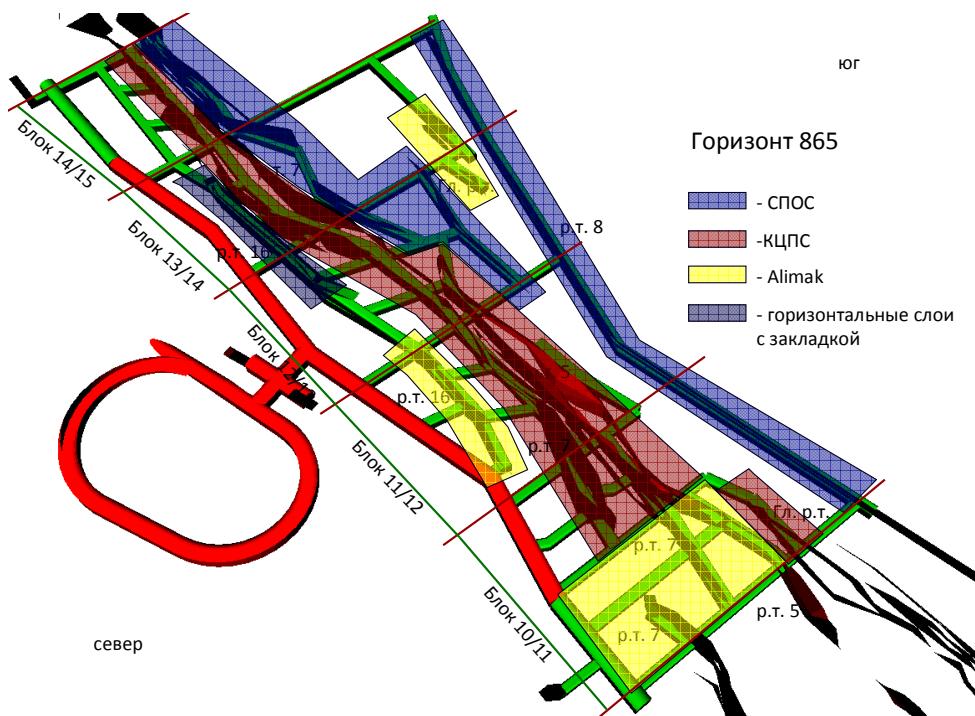


Рисунок 1 - Разбивка балансовых запасов опытно-промышленного блока по системам разработки

Величины потерь и разубоживания в каждой дозе выпуска определяются графическим способом. В результате получены объемы добываемой руды и породы при выпуске каждой дозы, по значениям которых были определены расчетные показатели потерь и разубоживания руды и объем выпускаемой горной массы, после которого выпуск необходимо прекращать.

Исходные данные для расчёта показателей потерь и разубоживания при системе СПОС (рис. 2) следующие:

- средняя мощность рудного тела, m	2 м
- длина блока, L	50,0 м
- высота блока, H	50,0 м
- объёмный вес руды, γ_p	2,91 т/м ³
- объёмный вес породы, γ_n	2,7 т/м ³
- коэффициент разрыхления, k_p	1,4
- угол падения, α	70°
- высота слоя руды при отработке, h	15,2 м
- среднее содержание полезного компонента в запасах блока, c	4,1%
- среднее содержание полезного компонента в разубоживающих породах, b	0 %
- минимально кондиционное содержание в выпускаемой рудной массе, a_o	3,0 %
- средний угол естественного откоса руды	37°

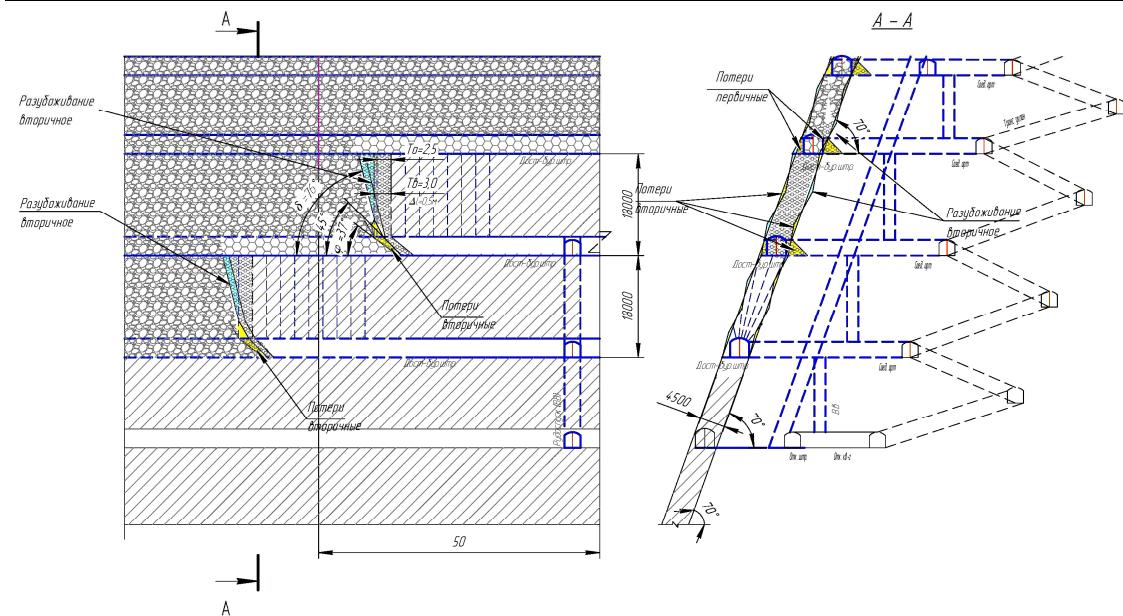


Рисунок 2 - Сплошная система разработки подэтажными штреками при торцевом выпуске руды под обрушенными налегающими породами (СПОС)

Общие расчетные показатели потерь и разубоживания руды при отработке опытно-промышленного блока системой подэтажных штреков составляют: потери руды – 10,2 %, разубоживание руды – 8,4 %.

Расчетные потери и разубоживание руды по системе СПОС могут быть уточнены при составлении локальных проектов в конкретных горно-геологических условиях. Для представления влияния изменений потерь и разубоживания на экономические показатели добывающих работ рудника с использованием системы сплошной выемки руды были проведены технико-экономические расчеты по трем вариантам. По результатам расчетов построены диаграммы зависимости изменений потерь и разубоживания на прибыль. На рис. 3 представлена диаграмма изменений абсолютных величин потерь и разубоживания в %, прибыли в тыс. долл. США. На рис. 4 представлена диаграмма изменений относительных величин к варианту 1.

Исходные данные для выявления влияния изменений потерь и разубоживания на экономические показатели работы рудника с использованием системы сплошной выемки руды приведены в табл. 2.

Анализ опыта работы Греховского рудника Зыряновского ГОКа ТОО «Казцинк» при выемке запасов руд Александровской рудной залежи показал значительное разубоживание руды вмещающими породами до 46 % [7].

При существующей технологии выемки запасов руд Александровской рудной залежи разубоживание руды вмещающими породами происходит:

- при прирезке вмещающих пород из-за сложной морфологии рудных тел;
- вследствие обрушения пород висячего и лежачего боков при сейсмическом воздействии взрывов ВВ при ведении очистных работ (при разбуривании скважин диаметром 110 мм буровыми станками ЛПС-ЗУ);
- при засорении руды обрушенными вмещающими породами при выпуске.

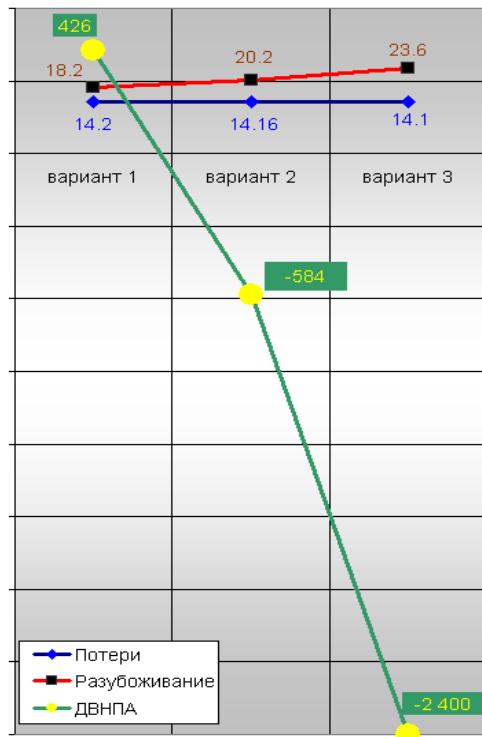


Рисунок 3 - Диаграмма изменений абсолютных величин потерь и разубоживания в %, прибыли в тыс. долл. США

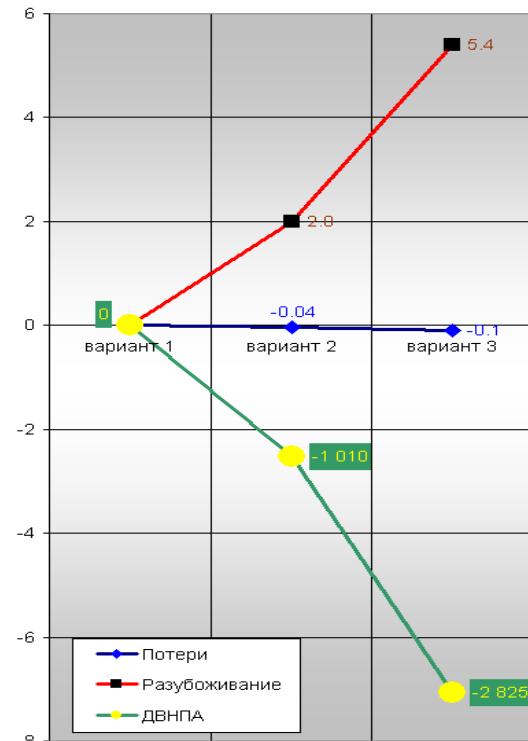


Рисунок 4 - Диаграмма изменений относительных величин к варианту 1

В настоящее время на Греховском руднике сечение подготовительно-нарезных выработок составляет $2,5 \times 2,5$ м, разбуривание скважин диаметром 110 мм производят буровыми станками ЛПС-3У.

Представляется целесообразным уменьшение сечения подготовительно-нарезных выработок до $2,1 \times 2,1$ м и на бурении взрывных скважин использование малогабаритных буровых установок, например БП-100н, с переходом на уменьшенный диаметр скважин - 85 мм и оптимизация параметров БВР и сетки скважин.

Переход на разбуривание рудного массива скважинами уменьшенного диаметра позволит снизить сейсмическое воздействие взрывов ВВ на вмещающие породы висячего и лежачего боков при ведении очистных работ, что в конечном итоге приведет к снижению разубоживания руды вмещающими породами. Уменьшение сечения подготовительно-нарезных выработок до $2,1 \times 2,1$ м потребует также применения малогабаритного самоходного погрузочно-транспортного оборудования для конкретных условий Греховского рудника.

За счет перехода на разбуривание рудного массива скважинами уменьшенного диаметра (со 110 до 85 мм) и снижения сейсмического воздействия взрывов ВВ на вмещающие породы висячего и лежачего боков при ведении очистных работ, а также внедрения постоянного оперативного контроля по трактам выдачи руды и породы разубоживание руды вмещающими породами может быть снижено на 10-12 % и доведено таким образом

до 34-36 %.

Таблица 2

Исходные данные для выявления влияния изменений потерь и разубоживания на экономические показатели работы рудника

№ п/п	Показатели	Технико-экономические показатели		
		I вари- ант	II вари- ант	III вари- ант
1	Балансовые запасы блока (участка), подлежащего погашению, т	14550	14550	14550
2	Содержание полезного компонента в балансовых запасах, г/т	4,1	4,1	4,1
3	Содержание полезного компонента в разубоживающих поро- дах, г/т	1	2	3
4	Коэффициент потерь, доли ед.	14,20	14,20	14,20
5	Коэффициент разубоживания из-за примешивания пустых по- род, доли ед.	18,20	18,20	18,20
6	Количество добытой руды, т	15268	15268	15268
7	Содержание полезного компонента в добытой руде, г/т	3,53	3,71	3,89
8	Валовая стоимость 1 т добытой руды, руб.	35,31	37,13	38,95
9	Оптовая цена единицы конечного продукта, руб.	1000,00	1000,00	1000,00
10	Коэффициент извлечения полезных компонентов при обога- щении (переработке), доли ед.	0,68	0,64	0,42
11	Ценность конечной продукции, извлекаемой из 1 т погашае- мых запасов, руб.	16,85	16,55	11,36
12	Суммарная себестоимость добычи, транспортирования и пере- работки 1 т руды, руб.	20,00	20,00	20,00
13	Себестоимость, отнесенная на 1 т погашенных балансовых запасов, руб.	20,99	20,99	20,99
14	Прибыль (+) или убытки (-), отнесенные к 1 т погашенных балансовых запасов, руб.	14,32	16,14	17,96

Список литературы

1. Сборник инструктивных материалов по охране и рациональному использованию полезных ископаемых. - М.: Недра, 1977. - 197 с.
2. Отраслевая инструкция по определению, нормированию и учёту потерь и разубоживания руды и песков на рудниках и приисках Министерства цветной металлургии СССР. - 1975 г.
3. Единые правила охраны недр при разработке месторождений полезных ископаемых в Республике Казахстан; Утв. Правительством Республики Казахстан от 21 июля 1999 г. - № 1019.
4. Проект реконструкции и строительства горно-металлургического предприятия на базе месторождения «Ново-Широкинское» /ОАО «ЗабайкальцветметНИИпроект. - Чита, 2004. - Т. 1, 2.
5. Вскрытие и отработка опытно-промышленного блока Ново-Широкинского рудника //Отчет о НИР / Рук. Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник. - Усть-Каменогорск: ТОО «Региональное обучение», 2011. - 224 с.
6. Смирнов А.А. Корректировка проекта реконструкции и строительства горно-металлургического предприятия на базе месторождения «Ново-Широкинское». Технологический регламент на производство добывных работ //Отчет о научно-технической услуге /ООО «Институт Гипроникель». - СПб., 2009. - 139 с.
7. Шапошник Ю.Н. Пути снижения потерь и разубоживания на маломощных рудных телах Александровской рудной залежи Грековского рудника //Отчет о НИР / Рук. Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник, Д.А. Минина, Е.Ю. Макаренко. - Усть-Каменогорск: ВКГТУ им. Д. Серикбаева. - 2010. - 58 с.

Получено 07.07.11

УДК 991.3

P.C. Бейсембаева

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ
И РАССЕЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

Ведущая роль в процессе признания экономической состоятельности государства отводится становлению и развитию конкурентоспособной национальной экономики, что невозможно без использования всех доступных механизмов пространственно-территориальной организации экономики. Процессы глобализации, усиления международной конкуренции, характеризующие мировую экономику, явились объективной предпосылкой смены парадигмы пространственной организации территории, которая состоит в отказе от традиционной экстенсивной и переходит на интенсивный этап процесса урбанизации.

Сложившаяся на современном этапе громоздкая территориально-отраслевая структура сплошного развития экономики Казахстана не отвечает требованиям интеграции с мировым рынком, сдерживает формирование конкурентоспособности национальной экономики и становится малоэффективной. Новое экономическое развитие предполагает создание новой региональной иерархии – регионы-производители, регионы-посредники и регионы-финансовые центры, которые непосредственно определят видоизменение пространственной организации территории.

Пространственная организация территории Казахстана имеет исключительное значение (поскольку она связана с формированием зоны жизненных интересов) как в рамках государственных границ, так и за их пределами.

Формирование эффективной пространственной организации, экономического потенциала и расселения населения в Казахстане, отвечающее новым задачам позиционирования страны и ее регионов, обеспечивающее создание единого внутреннего экономического пространства, а также учитывающее геополитические и геоэкономические факторы развития страны должно быть концептуальной основой пространственно-территориальной организации страны и системы расселения.

В Казахстане исследование проблем пространственной организации территории тесно взаимосвязано с градостроительными проблемами и расселением населения. Актуальным является целостный градостроительный взгляд на планирование развития Казахстана, в рамках которого ценностные установки на высокое качество жизни казахстанцев получат пространственную интерпретацию и станут основой перспективной градостроительной политики. Это связано с необходимостью самоопределения городов в новой социальной и экономической действительности, с необходимостью осмыслить место города в контексте происходящих геополитических, демографических и расселенческих тенденций в мире.

Новая градостроительная политика должна стимулироваться государством, а приоритеты и механизмы повышения эффективности и качества управления и регулирования градостроительной сферой должны регулироваться определенной нормативно-правовой базой.

В основу современной пространственной организации территории Казахстана должно быть положено проведение стратегических оценок, являющиеся необходимым этапом процесса стратегического планирования, в котором будут ставиться цели развития, описываться приоритеты и предлагаться стратегии реализации концепции пространственного развития.

В современных условиях стратегическая оценка новых возможностей развития Казахстана связана не столько со сложившейся структурой производства, сколько с пониманием новых внутренних возможностей, отвечающих современным мировым тенденциям и которые можно реально превратить в ресурс развития города. В то же время современная пространственная организация территории предполагает ряд ограничений, связанных как с географическим и geopolитическим положением Казахстана, так и с использованием прежних принципов городского управления в целом и градостроительных процессов в частности.

Концепция пространственного развития Казахстана должна исходить из того, что генеральный план в его традиционной форме главного документа градостроительного планирования уже не соответствует социальным и экономическим реалиям нашего времени. В современных условиях необходимо использовать методы стратегического анализа и планирования с целью эффективной пространственной организации экономического потенциала и расселения населения в Казахстане.

Изменения в экономическом, общественно-политическом устройстве страны в силу объективных обстоятельств должно сопровождаться соответствующим пересмотром государственной архитектурно-градостроительной политики и проведением новой градостроительной политики обновления и расширения законодательной и нормативно-правовой базы. Несоответствие старой нормативной градостроительной политики реалиям сегодняшнего дня привело к не рациональному, а скорее всего непредсказуемому освоению территорий, хаотичной застройке, что не соответствует современным нормам градостроительной политики страны.

В Казахстане пространственная организация территории должна наполниться новым содержанием, обусловленным новыми задачами и подходами к решению градостроительных проблем и расселения населения на фоне складывающейся внутриэкономической и geopolитической ситуаций.

Казахстанская методология пространственного развития и расселения населения предполагает переход от поляризованного развития к полигонтическому, внедрение которого приведет к повышению показателей качества жизни.

Что касается полигонтического развития, которое в настоящее время лежит в основе методологии пространственной организации территории высокоразвитых стран, - это развитие городских агломераций, урбанизированных регионов, где численность населения агломераций не должно быть доведено до критических показателей.

Таким образом, пространственная организация территории становится инструментом экономического роста и развития, отвечающего интересам государства и народа. Уровень современного развития свидетельствует о том, что Казахстан превратился не только в поставщика минерального сырья, но и инвестора в экономику России, Киргизии, Грузии, Украины, Белоруссии, Китая, что является обнадеживающим фактором [1].

В сопредельных странах на основе казахстанского капитала появляются новые производства, происходит освоение рынка соседних стран и повышение степени пространственного влияния Казахстана.

Исходя из этого, сложившаяся система территориально-отраслевого развития Казахстана должна трансформироваться в более прогрессивную систему пространственного развития территории, где приоритеты развития страны и ее регионов должны определяться исходя из потребностей наращивания процессов национальной конкурентоспособности и расширения внутреннего и внешнего пространства жизненных интересов.

По концепции градостроительного развития Казахстана ответственность за планиро-

вание будущего состояния города несет государство. Следовательно, необходимо овладеть современным инструментарием стратегического планирования, частью которого, несомненно, является работа над генеральным планом города в его новом понимании. Переход на принципы стратегического планирования при разработке генерального плана связывается с возникновением новой для традиционной градостроительной практики ситуации согласования интересов нескольких субъектов: власти, бизнеса и населения. При таком подходе генеральный план перестает быть внутренним делом архитектурно-градостроительного производства, отдельных градостроителей и становится средством реформирования существующих методов управления городом и своеобразной кооперации власти, бизнеса, горожан в рамках деятельности по градостроительному планированию Казахстана.

В основу анализа пространственной организации и расселения населения должно быть положено понятие «мирового города», который позволит определить стратегические направления движения к современным мировым социальным стандартам организации жизни в городе [2].

В нашем сознании город по-прежнему понимается как придаток производства, как правильно организованная городская застройка и система обслуживания работающего населения. На наш взгляд, не преодолев стереотипов старой доктрины «социалистического промышленного города», невозможно планировать и трансформировать новые города, реально рассматривать возможность существования городов, не выполняющих определенные градостроительные функции. Города должны конкурировать между собой, демонстрируя и наращивая свои преимущества на своеобразном рынке городов.

Конкурентность казахстанского города должны определять такие факторы, как выгодность географического положения с точки зрения перспективных межгосударственных транспортных потоков, разумного использования влияния geopolitически сильных приграничных государств, возможность и готовность города размещать рыночно эффективные виды бизнеса, разнообразие рынка труда, соразмерность стоимости и качества жизни в городе, наличие современных инфраструктур организации жизни и размещения капитала.

Определение места Казахстана в мировой и региональной экономике предполагает осуществить переход к осевому подходу формирования территориального пространства страны.

Транспортно-коммуникационные коридоры Казахстана, обеспечивающие выход на внешние рынки и интеграцию страны с региональной и мировой экономикой, должны выступить каркасной основой пространственной организации экономического потенциала и расселения населения. Именно транспортно-коммуникационные коридоры обеспечат выход на внешние рынки и интеграцию страны с региональной и мировой экономикой, а важнейшими узлами могут выступать только два города Алматы и Астана, в которых есть все предпосылки для интеграции с региональными и глобальными рынками мира.

Приоритетом совершенствования системы расселения станет переход на интенсивный этап процесса урбанизации, а опорным каркасом системы расселения станут крупные городские агломерации вокруг полюсов роста (городов-лидеров и опорных городов) и тяготеющих к ним населенных пунктов, формирующие зоны высокоорганизованной урбанистической среды жизни.

В целом, формирующаяся территориальная организация экономического потенциала и расселения населения задает параметры дальнейшего совершенствования административно-территориальной организации и системы планирования территориального разви-

тия Казахстана.

На наш взгляд, эффективность пространственного развития Казахстана могут определить некоторые положения:

- «сфокусированное» развитие, которое приведет к концентрации финансовых, управленических, человеческих ресурсов в «опорных регионах», так называемых полюсах роста, и будет способствовать последующему распространению инновационной активности на другие регионы;

- преференции за реформы, когда территория не имеет статуса опорного региона, а государственная поддержка должна быть направлена на обеспечение равного доступа населения этой территории к бюджетным услугам, грантовой поддержке региональных инициативных проектов развития;

- дифференцирование государственной политики регионального развития, которое приведет к выделению на территории Казахстана сырьевых зон, зоны безопасности (приграничные территории, критические территории), зоны технологического трансфера, зоны инновационного развития, старопромышленных районов, территорий, прошедших первичную индустриализацию.

Данные положения, влияющие на эффективность пространственной организации территории, требуют согласования основных реформ в стране, оказывающих влияние на социально-экономическое развитие регионов.

В Казахстане данное направление исследования должно наполниться новым содержанием, обусловленным новыми задачами и подходами к решению градостроительных проблем и расселения населения на фоне складывающейся внутриэкономической и геополитической ситуаций.

Список литературы

1. Стратегии формирования конкурентоспособной экономики в условиях повышения инновационной активности // Инновационные процессы в экономике, бизнесе и образовании: Материалы IV Междунар. науч.-практич. конф., посвященной 15-летию УМБ. - Алматы: Университет международного бизнеса, 2007.
2. Исследование проблем повышения социальной ответственности бизнеса в условиях формирования модели конкурентоспособной экономики // Доклады Национальной Академии Наук РК. - 2007. - № 6.
3. Пространственная организация территории и расселения населения Республики Казахстан до 2030 года /Под ред. С.Н. Нугербекова. - Астана; Алматы: АО «Институт экономических исследований», 2008. - 335 с.
4. Концепция государственной градостроительной политики Республики Казахстан до 2015года. - Алматы, 2009.

Получено 4.05.11

УДК 911.3

Р.С. Бейсембаева

ВКГУ им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск

ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Создание концепции пространственного развития является важнейшей задачей и основой реализации Стратегии-2030 в контексте вхождения Казахстана в число 50 наиболее конкурентоспособных стран мира [1].

Проблемы пространственной организации территории и системы расселения населения Республики Казахстан можно выразить через определенные экономико-географические аспекты в контексте выявления места и роли территории в системе пространственной организации социально-экономических процессов и складывающихся геополитических и геоэкономических отношений.

Социально-экономическое развитие страны определяется пространственным развитием ее регионов, образующих территориальные социально-экономические системы, целенаправленно функционирующие на определенной территории как звенья общественного разделения и интеграции труда.

Основная цель функционирования территориальных социально-экономических систем всех иерархических уровней - это наиболее полное удовлетворение материальных и духовных потребностей населения.

Данный аспект необходимо учитывать уже на первых этапах хозяйственного освоения территории, а государству необходимо прикладывать усилия по регулированию этого процесса, чтобы сформировать в каждом регионе Республики Казахстан оптимальную территориальную организацию хозяйства и населения, соответствующих современным рыночным условиям.

При этом необходимо учитывать, что социально-экономическое пространство каждого региона Республики Казахстан индивидуально в силу особенностей географического положения, сложившихся и формирующихся территориальных социально-экономических систем разного уровня, в результате влияния различных экономико-географических и социальных факторов.

Современная структура хозяйства регионов Казахстана является следствием реализации принципов размещения производства планово-регулируемой замкнутой экономики, существовавшей до перехода на рыночные рельсы. Данное обстоятельство является одной из причин низкой конкурентоспособности как в целом казахстанской экономики, так и отдельных регионов.

Основными причинами пространственной неоднородности региона являются: различное экономико-географическое положение территорий, значительные диспропорции в социально-экономическом развитии, низкий уровень диверсификации республиканской экономики, а также неравномерное распределение населения по территории. Вышеперечисленные положения предполагают поиск новых подходов к анализу пространственной организации и пространственного развития региона в целях совершенствования региональной социально-экономической политики [3].

Право определения пространственной основы развития Казахстана принадлежит государству. Среди множества мировых моделей пространственной организации территории необходимо разработать такую модель, которая будет характерна только для Казахстана.

Концепция пространственного развития Республики Казахстан формирует полицентрический тип развития в пространственной организации территории, которая представляет собой иерархическую систему взаимосвязанных агломераций и урбанизированных регионов, обеспечивающих высокое качество жизни населения, в соответствии со Стратегией 2030 [2].

В Казахстане исследование проблемы пространственной организации территории должно наполниться новым содержанием, обусловленным новыми задачами и подходами к решению градостроительных проблем и расселения населения на фоне складывающихся внутриэкономической и геополитической ситуаций.

Основные цели разработанной стратегии пространственной организации территории - формирование конкурентоспособных специализаций в региональной и мировой экономике, рациональная пространственная организация экономического потенциала и расселения населения.

Конкурентные преимущества любой страны зависят от степени её интегрированности в мировое социально-экономическое пространство. Интеграция Казахстана в социально-экономическое пространство мира во многом зависит от территориальной организации хозяйства и населения, и её составных частей (экономических районов, регионов, городов и более низких административно-территориальных единиц).

Методологические подходы к пространственной организации территории исходят из способа выражения представлений о закономерностях развития экономического потенциала и расселения населения Казахстана во времени и в пространстве.

Пространственная организация территории для Казахстана имеет исключительное экономико-географическое значение, поскольку она связана с формированием зоны жизненных интересов как в рамках государственных границ, так и за их пределами. Если концепция территориального развития ограничена административными границами, то концепция пространственного развития предполагает, что наличие государственных границ не ограничивает зоны экономического, политического, научно-технического, демографического и иного влияния за пределами установленных границ.

В настоящее время экономика Республики Казахстан в значительной степени зависит от промышленного производства, ориентированного на экспорт отраслей. При этом предприятия, формирующие значительную часть прибыли экономики страны, являются градообразующими, т.е. определяют темпы социально-экономического развития как Республики в целом, так и областей, крупных городов, отдельных поселений.

Сохранение созданной по производственно-технологическому принципу пространственной организации территории страны стало невозможным после открытия национальной экономики и интеграции Казахстана в глобальный рынок.

Сформированная в эпоху советской индустриализации экономика начала интегрироваться в глобальный рынок, перестала быть замкнутой. Значительная часть промышленной продукции стала неконкурентоспособной, утратили эффективность как отдельные производственно-технологические комплексы, так и территориально-производственные сочетания в виде существующей системы расселения.

Неэффективная пространственная организация, устаревшая система расселения в Казахстане, а также архаичная система управления данными процессами, остро ставит проблему создания современной модели системы расселения и пространственной организации территории, которая требует определенной пространственной организации страны – сборки экономики не только из отраслей, технологий, компаний, но и из территорий. С учетом положений Стратегии развития, правомерно считать, что Концепция пространственного развития Республики Казахстан призвана положить начало формированию поликентрического развития в пространственной организации территории, представляющей собой иерархическую систему взаимосвязанных агломераций и урбанизированных регионов, обеспечивающих высокое качество жизни населения.

Новая система расселения и пространственная организация в Казахстане формируется хаотично и закрепляет за собой сырьевую специализацию страны. Этот процесс во многом поддерживается иностранными компаниями, которые заинтересованы в сугубо сырьевом функционировании экономики Казахстана.

Наиболее конкурентоспособной на мировом рынке частью страны оказываются такие

сырьевые регионы, как Западный, Восточный, Центральный Казахстан, которые поглощают свободные капиталы, квалифицированную и мобильную рабочую силу, новые производственные мощности. Они постепенно становятся «спонсорами» общенациональных политических процессов, придавая им выгодную для себя экономическую направленность.

Препятствием для концентрации на территории Казахстана ресурсов: высококвалифицированной, мобильной рабочей силы, инновационных технологий, источников информации, культурных ценностей, является отсутствие зон высокоорганизованной урбанистической среды жизни, т.е. концентрация современных городских инфраструктур, информационных каналов, экологически благоприятных условий жизни в населенных пунктах, транспортная доступность к основным мировым центрам.

Неэффективная пространственная организация страны влечет за собой рост расходов на поддержание инфраструктур, которых достаточно много в пределах регионов, теряющих население и производственные активы, и недостаточного в растущих и экономически эффективных регионах - Северный или Западный Казахстан.

Следствием данного процесса является возрастание региональных диспропорций в развитии Казахстана. Разделение по темпам социально-экономического развития проходит не только по административным границам, но и внутри них. Более 50 % населения страны живет вне зоны экономического роста, сосредоточенного всего в небольшом количестве крупных городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов.

Такой разрыв в развитии становится закономерным социальным противоречием в стране, порождающим социальные и экономические конфликты. Из неэффективных пространственных структур, как правило, вымываются человеческие ресурсы. Потери трудовых ресурсов в отдельных частях Казахстана составляют порядка 40 %.

Концепция пространственной организации территории рассматривает и проблемы, возникающие в результате взаимодействия природы и общества на конкретной территории. При этом возникает вопрос о функциональной роли агломераций и урбанизированных регионов в системе пространственной организации территории. Этим определяется необходимость поиска концептуальных решений проблем территориального, отраслевого и расселенческого развития Казахстана.

Для Казахстана данная позиция имеет огромное значение, поскольку основной экономический потенциал и ведущие системы расселения расположены по очертанию казахстанских границ и должны превратиться в зоны активной экономической и внешнеэкономической деятельности, при определенных условиях способные трансформироваться в регионы межгосударственного значения с выходом на рынки третьих стран.

На наш взгляд, новая пространственная организация Казахстана должна обеспечивать интеграцию в глобальный рынок, наиболее эффективную с точки зрения капитализации страны с целью повышения стоимости ее активов, территории и рабочей силы. Должна способствовать ускоренному социально-экономическому развитию страны за счет правильного распределения производительных сил по территории, причем не только как поставщика сырья на мировые рынки, а как производителя высокотехнологичной и конкурентоспособной продукции.

Прогнозирование основных форм пространственной организации территории в современных условиях должно быть направлено на поиски путей решения экономически обоснованного размещения производительных сил и расселения населения в соответствии с достигнутым мировым уровнем градостроительной теории и практики.

Определение места Казахстана в мировой и региональной экономике, анализ и оценки

экономического, природного, трудового потенциала, а также системы расселения предусматривается осуществить путем перехода к осевому формированию территориального пространства страны.

В Казахстане должен быть сформирован новый опорный каркас пространственной организации территории. Центрами опорного каркаса территориальной организации должны выступить крупные городские агломерации – инновационные и управленические центры, концентрирующие в себе экономическую активность и востребованность в стране.

Таких опорных регионов в Казахстане относительно мало. В настоящий момент в стране нет ни одного мегаполиса мирового масштаба и лишь один казахстанского масштаба – г. Алматы, остальные – города с населением от двухсот до полутора миллионов человек [1].

Создание зоны высокоорганизованной урбанистической среды жизни в Казахстане взаимосвязано с формированием агломераций. Формирование вокруг динамично развивающихся городов мегаполисов и агломераций позволит создать в Казахстане зоны высокоорганизованной урбанистической среды жизни.

Сложившаяся специализация регионов, чрезмерная концентрация в них населения ведет к снижению роста крупных городов. Города Казахстана должны развиваться по инновационному пути, стать центрами управления, производителями и поставщиками информации и технологий. В современных условиях только два города: Астана и Алматы, имеют возможность выступать в качестве зоны интеграции с региональными и глобальными рынками. Они являются крупными инновационными и управленическими центрами. Эти города являются торговыми-финансовыми, инновационно-образовательными, транспортно-логистическими центрами Казахстана, следовательно, именно эти города будут притягивать трудовые ресурсы со всего Казахстана.

Статус этих городов открывает широкие возможности для развития бизнеса, концентрации человеческого капитала, определяет легкость передвижения внутри городов, доступность рынков товаров и услуг крупнейших городов мира, улучшает качество жизни людей.

Возможности пространственного развития межгосударственных агломераций могут привести к усилению торгово-экономических, миграционных, производственных, научных и культурных связей, в результате чего можно добиться такого экономического эффекта, который станет нормой межгосударственных отношений между Казахстаном, Россией и другими государствами.

Таким образом, формирование эффективно функционирующей системы пространственной организации территории нашей страны становится одной из первоочередных задач на грядущее десятилетие и призвано обеспечить сбалансированное потребление ресурсов, развитие производства, размещение трудовых ресурсов, что в свою очередь повлияет на качество жизни населения Казахстана.

Список литературы

1. Назарбаева Н.А. Послание Президента Республики Казахстан народу Казахстана. – Астана, 2010.
2. Стратегия территориального развития Республики Казахстан до 2015 года. – Астана, 2006.
3. Слуки Н.А. Глобальный город: теория и реальность. – М: Авангард, 2007. – 345 с.

Получено 15.08.11