

УДК 622'17 (571.6)

**Г.Ф. Складорова, Л.Т. Крупская**

**К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ РАЦИОНАЛЬНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ  
ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК СОЛНЕЧНОГО ГОКА  
(ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)**

*Рассмотрены некоторые аспекты разработки рациональных технологий по переработке отходов обогатительных фабрик Солнечного ГОКа. Представлена их оценка как потенциального источника техногенного загрязнения объектов окружающей среды и обосновывается необходимость утилизации отходов, что актуально как с экономической так и экологической точки зрения.*

*Ключевые слова: хвостохранилище, экосистема, полезные компоненты.*

Освоение оловорудных месторождений на Дальнем Востоке приводит к интенсивному загрязнению компонентов биосферы: атмосферного воздуха, водных источников, почвенного покрова, биоты, а также деградации природного ландшафта. Серьезную опасность представляет хвостохранилище ЦОФ «Солнечного ГОКа», содержащее около 16 млн. м<sup>3</sup> токсичных отходов обогащения. Экспериментально установлено, что они способствуют химическому загрязнению экосистем за счет возникающих техногенных геохимических потоков, разрушению природных систем, нарушению процессов роста и развития растений, изменению потока вещества и энергии в системе почва-растение и биоразнообразия. Осушение хвостохранилища порождает мощную дополнительную экологическую проблему — пылевой разнос загрязняющих веществ и вспышку заболеваемости (особенно органов дыхания) населения п. Солнечный. Разрушение экосистем, несомненно, связано с угрозой для жизни людей горняцкого поселка Солнечный [1]. Биогеохимическое изучение компонентов биосферы в окрестно-

стях хвостохранилища позволяет утверждать о глубоком вовлечении в геохимический круговорот тяжелых металлов. В настоящее время хвостохранилище ЦОФ находится в стадии активного формирования и интенсивного воздействия на окружающую среду. Из тела этого объекта выделяется к его поверхности значительное количество различных газов и тяжелых металлов, о чем свидетельствуют исследования снежного покрова в зимне-весенний период [2]. Выявлена высокая степень накопления токсикантов не только в почвах, донных отложениях, но и в растительности. Например, в хвое и ветвях ели аянской содержание токсичных элементов превышает в 2—50 раз таковое фоновых территорий. Более интенсивное поглощение растениями свинца и железа фиксируется в пойме, испытывающей поверхностное или внутрипочвенное воздействие подоправных вод. Содержание практически всех элементов в шламовых и дренажных водах значительно выше фоновых значений. Основными загрязнителями атмосферного воздуха является пыль, содержащая повышенные концентрации тяжелых металлов

(свинца, мышьяка, меди, хрома, кобальта, никеля, кадмия), превышающие ПДК в 7—45 раз.

Установлено, что в зоне влияния хвостохранилища ЦОФ (Центральной обогатительной фабрики) Солнечного ГОКа происходят следующие изменения:

1. Формирование литохимического ореола загрязнения экосистем в связи с отходами обогащения оловорудного сырья и переотложенных литохимических ореолов, загрязняющих почвенно-растительный покров за пределами территории, занятой отходами.
2. Возникновение литохимических выносов в результате переотложения пород временными и постоянными потоками из отходов.
3. Инфильтрация атмосферных осадков, поверхностных и подземных вод через отходы хвостохранилища, способствующая появлению гидрогеохимических ореолов и потоков загрязнения.
4. Потери минерального сырья из отходов в результате ветровой и водной эрозии.

Результатом этого воздействия является снижение продуктивности земельных угодий и ценности ландшафта, а также видового разнообразия растений и, как следствие, увеличение заболеваемости населения горняцкого пос. Солнечный. Таким образом, экологическая ситуация здесь оценивается как критическая, что подтверждается методами биоиндикации (тест-системы «Стерильность пыльцы» и «Ростовой тест»). В связи с этим в настоящее время весьма актуальны вопросы утилизации отходов обогатительных фабрик в пределах ГОКов как с геолого-экономической так и с экологической точки зрения.

Солнечным ГОКом с конца 60-х гг. и по настоящее время разрабатывались 3 месторождения: Солнечное оловянных руд (40 км к СЗ от г. Комсомольска-на-Амуре), Перевальное

(49 км к СЗ от г. Комсомольска-на-Амуре) и Фестивальное вольфрам-медно-оловянное месторождение, с общими утвержденными запасами олова более 100 тыс. т.

В состав Солнечного ГОКа входили 4 рудника — Молодежный, Перевальный, Солнечный и Придорожный и 2 обогатительные фабрики — Центральная и Солнечная. Планируемое строительство металлургического комплекса в 1992 году не возобновлялось, хотя планировалось закончить монтаж установки по выпуску металлического олова.

В пределах Солнечного ГОКа имеются три хвостохранилища: Центральной ОФ, на ключах Долгом и Первом (хвосты Солнечной ОФ). Суммарные запасы по ГОКу более 30 млн т руды, содержащие, исходя из усредненных содержаний (в %) следующие количества основных полезных компонентов (в тоннах, в скобках — средние содержания, в %): свинца — 56005,7 (0,18), серебра — 445,7 (14,4 г/т), олова — 56413,7 (0,181), меди — 102768,4 (0,331), цинка 49762,8 (0,160), вольфрам — 8177,8 (0,026), висмута — 7080,4 (0,023).

С целью разработки рациональной технологии переработки отвальных хвостов с выдачей данных для проектирования хвостового отделения Солнечной фабрики в конце 80-х гг. ВПО «Союзполиметалл» (И.С. Зенкевич, Л.П. Иванов, Н.А. Крупина, А.В. Шушканов; Новосибирск, 1988) проводилось минералого-технологическое картирование хвостохранилища и укрупнено-лабораторные испытания крупнообъемных проб хвостов Солнечной фабрики.

Минералого-технологическое опробование и картирование осуществлялось с применением шнекового бурения на полную глубину хвостохранилища по сетке 50х50 м. Главной

целью опробования являлось: определение особенностей пространственного изменения минералогических параметров отвальных продуктов, возможность геометризации технологических разновидностей, отбор представительных проб. Изучение вещественного состава хвостов на материалах объединенных проб позволило сделать выводы о возможности для обогащения лежалых хвостов применения гравитационно-флотационного метода.

В составе отходных продуктов (первичные — песчаники, алевролиты, глинистые сланцы) преобладающими (более 90 %) являются 3 компонента: жильный кварц (37,5 %), турмалин (12,1 %) и вмещающие ороговикованные породы (45 %). Примеси — сульфиды металлов (в среднем 4,2 %), в т.ч. сульфиды железа (пирит, марказит, пирротин, мышьяк — 0,6 %), а также такие ценные сопутствующие как сфалерит, галенит и халькопирит — 0,9 % (каждого по 0,2-0,3 %). Акцессорные примеси — вольфрамит, шеелит, циркон, магнетит, флюорит, рутил, ильменит. Вторичные минералы железа, свинца, цинка и меди составляют в сумме лишь 0,6-0,7 %, серы сульфатной — 0,11 %.

Основную промышленную ценность в хвостах представляет олово (0,12 -0,37 %), преобладающая часть которого (71,7 %) сосредоточена в касситерите. Кроме того, среди сопутствующих ценных компонентов в хвостах присутствуют:  $W_2O_3$  — 0,02 %,  $Bi$  — 0,035 %,  $Ag$  — 23 г/т, а также  $Pb$ ,  $Zn$  и  $Si$  — соответственно в %: 0,38, 0,18, 0,11. Хвосты по составу малосульфидные -1,76 % от серы сульфатной. Практический интерес может представить сульфидный продукт, вследствие концентрации в нем  $Pb$ ,  $Ag$ ,  $Zn$  (и заключенных в нем индия и кадмия),  $Si$ ,  $Bi$  (табл. 1).

В качестве вредной примеси отмечается присутствие мышьяка в отходах в количествах до 0,6 %, по месторождению Лучистое в пределах горного отвода Фестивального — в среднем до 1,01 %. К неблагоприятным факторам, осложняющим обогащение лежалых хвостов, относится высокий выход тонких шла-мов (класса -0,073 мм) — в среднем до 46,6 %.

По результатам анализов 2-х крупнообъемных (300 -500 кг) проб хвостов Солнечной обогатительной фабрики были сделаны следующие выводы:

- основную промышленную ценность имеет олово в форме касситерита, извлечение которого планировалось при проектировании опытной установки по переработке отходов обогатительных фабрик (Арсентьев и др., 1993 г.), что могло приобрести практическую значимость при монтаже планируемой установки по выпуску металлического олова; — для попутного извлечения могут представлять интерес:  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $Bi$ ,  $Ag$ ,  $Cd$ ;

- наиболее эффективной схемой обогащения является гравитационная или гравитационно — флотационная с доводкой крупных классов хвостов при стадийном измельчении до — 0,1 мм;

- выделение оловянно-свинцово-цинкового серебро-висмут-кадмий-содержащего продукта, пригодного для металлургической переработки, что позволит повысить перспективы комплексного использования хвостов;

- высокий выход тонких классов (-0,073 мм) и явление сцепления минеральных илисто-глинистых частиц в этом классе затрудняет процессы гидравлической классификации и последующих операций обогащения.

Таблица 1

**Результаты технологических исследований 2-х крупнообъемных проб лежалых хвостов**

Химический Элементы	анализ, %		Минеральный состав	%	
	1-я проба	2-я проба		1-я проба	2-я проба
Sn	0,21	0,15	Минералы	1-я проба	2-я проба
W2O3	0,020	0,019	Касситерит	0,3	0,3
S	1,79	1,75	Станнин	Ед.зн.	Ед.зн.
Si	0,09	0,11	Пирит	2,3	2,0
Pb	0,25	0,27	Халькопирит	0,3	0,3
Zn	0,23	0,21	Арсенопирит	0,4	0,7
As	0,20	0,32	Сфалерит	0,3	0,3
Bi	0,02	0,02	Галенит	0,3	0,3
Ag	0,0015	0,0018	Пирротин	1,3	0,8
SiO2	71,2	67,64	Лимонит	0,9	0,4
Al2O3	7,96	8,36	Кварц	42,5	56,1
Fe2O3	10,46	8,58	Турмалин	14,9	12,5
MgO	1,35	1,56	Карбонаты	0,2	0,5
MnO	0,06	0,092	Вмещающие породы	36,3	26,3
CaO	0,86	0,72	Вольфрамит, шеелит, церуссит, ковеллин, магнетит	Едини- чные	знаки
Na2O	0,66	0,74			
TiO2	0,35	0,27			

Комплексное содержание полезных компонентов, выявленное при опытном обогащении и металлургическом переделе вскрышных пород и отходов производства Солнечной и Центральной (в скобках) фабрик (аналитические данные за 1992 год) отражено в табл. 2.

На заседании Малого Совета Солнечного районного Совета народных депутатов отмечалось, что «По перспективным направлениям природоохранительной деятельности» одним из наиболее важных и перспективных вопросов следует считать повышение комплексности использования горнорудного сырья на Солнечном ГОКе, вовлечение в переработку отходов обогащения оловорудного сырья хвостохранилищ, разработку и внедрение малоотходных технологий производства». Это решение явилось основанием для разработки проект-

ных работ «Опытная установка по переработке отходов обогатительных фабрик» с выполнением технико-экономических расчетов (Комплексное Проектно-конструкторское бюро «Резерв» п.Солнечный Хабаровского края, гл. инженер проекта С.Б. Арсентьев) [3].

Целевым заданием Проекта являлся расчет опытной установки по переработке отходов обогатительных фабрик для отработки химико-металлургических технологий комплексного использования сырья с низкими содержаниями полиметаллических руд с выделением попутных полезных компонентов по безотходным технологиям в промышленных масштабах.

Проектируемая Установка представляет опытный металлургический завод с заводом строительных композиций. Располагается на площадке Центральной ОФ в непосредствен-

ной близости от источника сырья — хвостохранилища ЦОФ, запасы которого превышают 20 млн т. Рядом с площадкой проходит асфальтированное шоссе, к выбранной территории примыкает склад инертных материалов с ж-д. тупиком, в непосредственной близости проходят магистрали тепловых и водяных сетей, хозяйственный коллектор и коллектор промстоков. Установка включает 8 отделений: первичной переработки материала, обжига, гидрометаллургии и химпереработки, отделение концентрации, стеновых материалов, производства вяжущих и строительных композиций.

Годовая производительность Установки, принятая для расчетов — 200 тыс. т, обеспеченность запасами сырья 100 лет (запасы 20 млн т). Потребности и обеспечение предприятия сырьем и другими материалами: 1) сырье — песок кварцевый с содержаниями шламов, турмалина, сульфидов и других веществ — 200 тыс. т; 2) известь комовая обожженная — 10 тыс. т (местная); 3) глина для стройкомпозиций — 3 тыс. т (местная); 4) цемент — 10 тыс. т (покупной- Спасский цемзавод); 5) тепловая энергия 20 тыс. Гкал.(местн.); 6) электроэнергия — 4 млн. кВт. (РЭУ Хабэнергия); 7) вода техническая — 200 тыс. м<sup>3</sup>; 8) щебень — 6 тыс. т.

Технологическими решениями проектируемого завода планировалось: пески и шламы после фильтрации передать на завод строительных композиций, сульфиды направлять на обжиг или химико-технологическую подготовку для получения огарков. Затем огарок поступает на выщелачивание и на дальнейшее выделение металлов, а отходящие газы, пройдя очистку в установках, доочищаются в свечевых цеолитовых фильтрах и выбрасываются в атмо-

сферу. Опытно-экспериментальный завод решен в виде 4-х блок-секций: отделение обжига, цех подготовки сырья, склад готовой продукции, цех ЖБК (железобетонных конструкций).

Проектом предусмотрены мероприятия по охране окружающей среды.

Для очистки атмосферных выбросов предполагалось несколько систем очистки и нейтрализации. Сточные воды на объекте отсутствуют.

В процессе утилизации отходов производства мышьяк отгоняется в печах первой ступени методом сульфидизирующего обжига в виде сернистых природных соединений реальгара и аурипигмента с содержанием мышьяка в пределах 70 %. Этот продукт не является токсичным. Тем не менее, предусмотрено его захоронение на спецмогильнике. Остальные побочные продукты производства — песок кварцевый, гипс водный, шламы являются товарными продуктами и отправляются в реализацию в цех железобетонных изделий, или склад инертных отходов. Опытная установка по проекту предусматривалась на подключение к инженерным сетям комбината. Техничко-экономические расчеты показали, что предложенные в проекте архитектурно-планировочные и технологические решения позволяют обеспечить получение ежегодной прибыли (175 млн руб., 1993 г.), уровень рентабельности — 38 %, капиталовложения окупятся за 2,3 года.

Таким образом, повышение комплексности использования горнорудного сырья на Солнечном ГОКе может быть связано с вовлечением новых малоотходных технологий обогащения и внедрением новых инженерных установок производства в переработку отходов обогащения оловорудного сырья хвостохранилищ, что актуально как с экономической так и экологической точек зрения.

Таблица 2

**Комплексное использование полезных компонентов при экспериментальном обогащении и металлургическом переделе вскрывшихся пород и отходов Центральной и Солнечной (в скобках) обогатительных фабрик**

Полезные ископаемые, компоненты в них	Единицы измерения	Руда (отходы производства), в ней	Полученные продукты обогащения, извлеченные полезные компоненты				Итого в концентратах	Потери в хвостах ОФ (отходы производства, в них)
			Оловянный концентрат, в нем	Вольфрамовый продукт, в нем	Мелкий концентрат, в нем	Свинцовый продукт, в нем		
всего	т	961033,0 (545434,0)	10581,290 39,95 % (4540,445) - 71,05 %	401,71 19,38 %	(1146,642) - 12,25 %	(4401,0)	10983,0 (10088,087)	(535261,0)
олова	т	3833,616 (2821,440)	1426,995 (1944,088)		(10,491)	(8,465)	1426,995 (1963,044)	(797,842)
меди	т	18270,278 (1903,456)	(7,467)		(95,104)	(10,199)	(112,77)	(1790,58)
цинка	т	1590,183 (1753,781)	(8,130)		(79,552)	(9,256)		(1656,7)
свинца	т	1356,033 (2449,772)	33,180 (53,649)	1,560 (0,869)	(300,112)	(9,731)	(902,277)	453,756 (2085,411)
серы	т	33444,454 (9932,646)	(48,618)		(315,419)	(73,417)	(437,454)	(9494,864)
вольфрама	т	645,999 (142,544)	(52,957)		(0,547)	(0,585)	(54,089)	(63,760)
серебра	кг	27213,431 (14763,596)	267,497 (112,987)	12,552	(1253,909)	(61,017)	(1427,913)	12655,431 (13332,274)
висмут	т	279,545 (73,572)	(0,662)		(1,273)	(0,623)	(2,558)	(71,002)

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раганина Н.К., Крупская Л.Т. О роли экологических факторов в изучении здоровья населения горняцких поселков на юге Дальнего Востока //Экология и промышленность России, 2009. — С. 56-57.
2. Новороцкая А.Г., Крупская Л.Т., Грехнев Н.И., Яковенко Г.П. Химический состав атмосферного воздуха в районе хвостохранилища центральной обогатительной фабрики //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. Серии «Машиностроение» и «Экология», 2007. — С. 197-199.
3. Основные проблемы изучения и добычи минерального сырья Дальневосточного экономического района. — Хабаровск: Изд-во ДВИМСа, 1999. — 214 с. **ПЛАЭ**

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

СклярOVA Галина Федоровна — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, sklyarova@igd.khv.ru,  
Крупская Людмила Тимофеевна — доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией, eso@igd.khv.ru,  
Институт горного дела ДВО РАН



---

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

### РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ, МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ ДЛЯ НЕФТЕДОБЫЧИ С УЧЁТОМ КОМПЛЕКСА ФАКТОРОВ

Савенок Ольга Вадимовна — кандидат технических наук, доцент кафедры нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна, olgasavenok@mail.ru, Кубанский государственный технологический университет.

*Проведён анализ общих подходов к проблеме ресурсосбережения, тенденций при решении проблемы утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ), рассмотрены методы и технологии переработки и эффективного использования ПНГ, принципы формирования инновационно-производственных и ресурсосберегающих методов и стратегий, нетрадиционные (новые) технологии переработки ПНГ.*

*Ключевые слова: ресурсосбережение, попутный нефтяной газ, комплексная энергосистема, газовый мотор, система газовой когенерации, синтетический газ, нефтехимическая продукция, синтез метанола.*

### DEVELOPMENT PRINCIPLE, METHODS AND TECHNOLOGY OF RESOURCES SAVING FOR OIL PRODUCING WITH PROVISION FOR COMPLEX FACTO

Savenok Olga Vadimovna

*For hard extraction oils resources saving has special, but in row of the events solving importance since production in these cases occurs under low profitability. In general sense all perspective equipment decision, methods and technologies, anyway, promote minimization a resource – natural, material, energy, financial and others. On the other hand, resources saving as independent direction in activity of the companies until has a scale of the system branch problem, and carries mainly secondary nature to questions of the production plan – a level of production, period and other. The Problem of resources saving for oil producing with complicated condition to exploitation until has a system decision. In ditto time, for present-day day is worked out some general approaches to problem of resources saving in oil and gas branch. The Problem of the production resources efficiency strategy of oil producing consists in shaping the system approach to collections factor.*

*Key words: resources saving, passing oil gas, complex power system, gas motor, system gas cogeneration, synthetic gas, petrochemical product, syntheses of methanol.*