

**НОВЫЕ ДАННЫЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ «ПОВТОРНОЙ» ОТРАБОТКЕ  
ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ САБЫРСАЙ СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ (ПВ)**

Аликулов Шухрат Шарофович

проректор Навоийского государственного горно-технологического  
университета, доктор технических наук, профессор

Каримовой Дилдора Кодировны

Претендент соискание научной степенности доктора (PhD)  
на независимую исследования

Район месторождения Сабырсай приурочен к неглубокому прогибу длиной – 30 км, шириной – 17 км, между Каратепинскими и Зирабулакскими горами. Указанный прогиб выполнен слоистыми отложениями мезо-кайнозойского чехла, в нижней части которого локализуется урановое оруденение. Мощность мезо-кайнозойских отложений в центральной части прогиба составляет 500-600м, постепенно уменьшаясь до нуля в обрамлении горных массивов.

### **Introduction**

Район месторождения Сабырсай приурочен к неглубокому прогибу длиной – 30 км, шириной – 17 км, между Каратепинскими и Зирабулакскими горами. Указанный прогиб выполнен слоистыми отложениями мезо-кайнозойского чехла, в нижней части которого локализуется урановое оруденение. Мощность мезо-кайнозойских отложений в центральной части прогиба составляет 500-600м, постепенно уменьшаясь до нуля в обрамлении горных массивов. Основным рудовмещающим горизонтом для месторождения является сабырсайский горизонт мощностью 12-15м, представленный гравелитами, песками и песчаниками с гравием, алевrolитами (верхний мел). Кроме того, небольшие рудные залежи имеются в сеноманских отложениях (Шарк), кендыктябрьском и улусском (Улус) горизонтах. Урановое оруденение является эпигенетическим, инфильтрационным и в целом контролируется выклиниванием зоны пластового окисления. Рудные залежи имеют в плане лентовидную извилистую форму протяженностью несколько км и шириной до нескольких сотен метров. По запасам месторождение крупное, руды по содержанию урана – рядовые, основные урановые минералы-настуран и урановые черни. Руды двух технологических типов – с содержанием  $CO_2 < 2\%$  и с содержанием  $CO_2 > 2\%$ .

Месторождение разведано Краснохолмской экспедицией в 1960-1964 г.г., запасы утверждены в ГКЗ СССР для отработки подземными горными выработками. В 1964 году в составе Навоийского горно-металлургического комбината было организовано Южное рудоуправление для отработки месторождения. В период 1967-1984 г.г. примерно 25% запасов были отработаны шахтами. Начиная с 1977 года начата отработка запасов способом подземного выщелачивания (ПВ).

Максимальная добыча по руднику «С» была достигнута в 1987 году и составила 627 т. К 1999 году все запасы пригодные для способа ПВ были отработаны с плановым коэффициентом извлечения 0,7. В 1999 году добыча по месторождению упала до 118 т, рудник «С» был на грани закрытия. В этот период группа специалистов ЮРУ (Акопян Ю.М., Чернышев В.В. и др.) и НГМК (Першин М.Е.) приняла решение, в порядке эксперимента, начать «повторную» добычу или «возврат плановых потерь» на шахтном поле 5 месторождения Сабырсай. Подробнее о том, как принималось решение и о начале работ в журнале «Горный вестник Узбекистана» №2 (29) за 2007 год опубликована статья Акопяна Ю.М., Чернышева В.В.

К началу 2020 года на всех ранее отработанных шахтных полях «повторные» горно-подготовительные работы (бурение технологических скважин) практически завершены, добычные работы продолжаются.

Этап «повторной» отработки на месторождении Сабырсай дополнительно добыто более 51% урана по отношению к добыче 1977-1999 г.г.; за счёт разряжения сети на тех же площадях уменьшены объёмы бурения технологических скважин (на 29%); за счёт применения новых технологий и оборудования увеличен средний дебит откачных скважин (почти на 53%) и уменьшен удельный расход серной кислоты (на 17%). Напротив, среднее содержание урана в продуктивных растворах снизилось на 59%, что естественно, так как легко извлекаемые и богатые руды были отработаны до 2000<sup>го</sup> года. Себестоимость добычи урана, также выросла. Предложенные в первые годы «повторки» (2000-2005 г.г.) меры по снижению себестоимости: разрежение сети, пропуск участков с «бедной» рудой, пропуск участков с малыми дебитами – сначала сглаживали рост себестоимости, но постепенно она всё-таки росла из-за низких содержаний в продуктивных растворах. И все же следует констатировать, что «повторная» отработка запасов месторождения Сабырсай является успешной и позволила стабилизировать работу рудника «С» как минимум, на 20 лет (2000-2025 г.г.). Доля добычи с месторождения Сабырсай от общей рудника «С» за этот период составила 82% т.е. оно продолжает оставаться основным.

Ниже приводятся основные факторы (причины), благодаря которым запасы пригодные для отработки способом ПВ были переоценены (увеличены), а также технологические приёмы позволившие при «повторной» отработке увеличить коэффициент извлечения урана из руд.

1. Снижение минимального метропроцента для оконтуривания балансовых руд в плане с 0,050 м·% до 0,035 м·%. До середины 90<sup>х</sup> годов рудник «С» при оконтуривании и подсчёте подготовленных запасов пользовался минимальным метропроцентом 0,050 м·%, который был рекомендован институтом при разработке «Технико-экономического обоснования на отработку запасов месторождения Сабырсай способом подземного выщелачивания» в 1977 году. Позже, при подсчёте запасов по состоянию на 01.01.1986г., Тимофеевым В.П. и др. были использованы два варианта кондиций – 0,050 м·% и 0,035 м·%. Сопоставление результатов подсчёта показало, что применение минимального метропроцента 0,035 м·% даёт прирост запасов на 9-10%. При «повторной» отработке для оконтуривания руд пользовались метропроцентом 0,035 м·%.

2. В 70<sup>е</sup> – 90<sup>е</sup> годы интерпретация результатов гамма-каротажа технологических скважин проводилась согласно «Методическому руководству...», 1974 год. При этом, ссылаясь на опыт работ на месторождении Учкудук, а также данные опробования подземных горных выработок на месторождении Сабырсай, геофизическая служба Южного рудоуправления границы рудных интервалов на диаграммах гамма-каротажа выделяла по способу  $\frac{1}{2} J \max$ . Начиная с 90<sup>х</sup> годов в НГМК начали внедрять новые цифровые каротажные станции «Кобра» и компьютерную обработку результатов гамма-каротажа (по способу J заданное). При способе  $\frac{1}{2} J \max$  уменьшается мощность руды, но увеличивается содержание урана в выделяемом рудном интервале, что благоприятно при горной отработке запасов. При способе J заданное – снижается содержание урана в рудном интервале, но увеличивается его мощность, что благоприятно для ПВ. Данные приведены в таблице №1.

### Сопоставление

результатов интерпретации гамма-каротажа скважин, пробуренных в 1977-1985г.г. по способу  $\frac{1}{2} J \max$  и ныне действующей методике

Таблица №1

№№ п/п	Шахтное поле	Блок	Кол- во скв.	По «старой» методике ( $\frac{1}{2} J \max$ )		По программе Gamma KZ (J зад.)		Отношение	
				Ср. мощн, м	Ср. мс м·%	Ср. мощн, м	Ср.мс м·%	$\frac{m_2}{m_1}$	$\frac{mc_2}{mc_1}$
				$m_1$	$mc_1$	$m_2$	$mc_2$		
1	Шахтное поле 1	8	4	2,0	0,168	3,9	0,284	1,95	1,69
2	Шахтное поле 1	12	4	2,56	0,434	4,8	0,563	1,87	1,30
3	Шахтное поле 2	16	4	1,64	0,286	3,71	0,437	2,26	1,53
4	Шахтное поле 2	18	5	2,28	0,530	4,12	0,753	1,80	1,42
5	Шахтное поле 2	20	4	1,66	0,080	2,17	0,110	1,31	1,37
6	Шахтное поле 2	22	5	2,19	0,364	4,94	0,434	2,25	1,19
7	Шахтное поле 2	24	4	2,41	0,469	3,27	0,648	1,35	1,38
8	Шахтное поле 5	40	4	1,90	0,308	3,77	0,342	1,98	1,11
	Всего		34						
	Среднее			2,09	0,337	3,87	0,464	1,85	1,37

Таким образом, за счёт внедрения новой Программы интерпретации увеличивается средний метропроцент по месторождению (а значит и продуктивность площадей, и запасы) примерно на 37%.

3. Снижение минимального допустимого содержания урана в продуктивных растворах с 10 мг/л до бмг/л.

4. Вовлечение в отработку способом ПВ запасов, оставшихся в целиках при подземной горной отработке и вновь разведанных новых залежей (блока 350-юг, 202-юг, 430 – «телевышка» и др.)

В 1967-1984 г.г. на месторождении примерно 25% запасов отработано подземными горными выработками, при этом в «целиках» и вблизи горных выработок оставалось до 500т урана. Доработкой этих запасов рудник «С» занимался в 1984-1986 г.г. Тогда на руднике 1 вблизи площади горной отработки было набурено несколько десятков закачных скважин, по ним в пласт подавались растворы с серной кислотой. Эти растворы принимались на квершлагги и штреки и откачивались на поверхность насосами через ствол шахты 1-главный. Так было добыто 89т. урана. После 2000-го года на площадях горной отработки были набурены обычные технологические ячейки с чередованием откачных и закачных скважин. Скважины задавались в основном в «целики» отработки (по маркшейдерским планам горных работ), но проблемы при бурении и сооружении скважин были (обрушение стенок скважин, «провалы» снаряда и т.п.).

Что касается «новых» залежей, то на протяжении всего периода рудник «С» продолжал доразведку месторождения Сабырсай по годовым проектам геологоразведочных работ (2025-2030г.г.), Увеличение эффективности отработки руд с содержанием  $CO_2 > 2\%$  за счёт применения миниреагентной технологии. Длительный перерыв между первой и «повторной» отработкой (8-10 лет), позволяет перевести в раствор за счёт диффузии часть урана из плохо проницаемых руд. Вскрытие запасов месторождения производится технологическими скважинами располагаемыми рядами вкост простирания рудных залежей. При «повторной» отработке ряды скважин располагались между «старыми» рядами, что позволило проработать ранее существовавшие «мёртвые» зоны и увеличить извлечение. На участках развития многоярусного оруденения, фильтра длиной 4-6м устанавливались на более проницаемые части разреза: нижнюю или среднюю части сабырсайского горизонта.

### Факторы

благоприятно повлиявшие на результаты «повторной» отработки на месторождении Сабырсай

Таблица №2

№№ п/п	Фактор	Эффект
1	Снижение минимального метропроцента для оконтуривания кондиционных руд с 0,050 до 0,035	Прирост запасов на ~10%
2	Переход на интерпретацию данных гамма-каротажа скважин по Программе Gamma KZ	Прирост запасов на ~37%
3	Вовлечение в отработку целиков подземных горных выработок	Прирост запасов на ~6,6 %
4	Вовлечение в отработку вновь разведанных залежей	Прирост запасов на ~5,6%
5	Применение новых технологии и оборудования при «повторной» отработке руд с содержанием $CO_2 > 2\%$	Дополнительная добыча примерно 20%

Все вышеперечисленные факторы можно разделить на две группы:

первая группа – увеличение запасов месторождения;

вторая группа – совершенствование технологий и оборудования.

Второй вопрос, который изучается нами на всём протяжении «повторной» отработки – как оценивать количество первоначальных и оставшихся запасов в ячейках, блоках.

В первые годы в технологических скважинах в большом количестве (>200) делали каротаж КНД-М. К результатам гамма-каротажа скважин относились осторожно и в расчёт их не принимали.

В статье, опубликованной в 2007 году, предлагался вариант подсчёта запасов на основе результатов каротажа скважин КНД. Однако из-за неравномерной сети, из-за большой зависимости результатов КНД-М от поправок на влажность, диаметра скважин и др. – использовать эти данные для подсчёта запасов не было возможности, и они служили в основном для подтверждения того факта, что «металл» в недрах остался и, примерно, в каком количестве.

Подготовленные запасы на площадях «повторной» отработки оценивались, как произведение площади на которой пробурены технологические ячейки на «остаточную» продуктивность, т.е. от средней продуктивности оруденения на шахтном поле, рассчитанной по данным первой отработки, брались 30% (норматив потерь для месторождения Сабырсай утвержденный в Проекте на отработку и Планах развития горных работ). Ежегодно по результатам фактической добычи и погашения добытых запасов, подготовленные запасы корректировались.

### Сопоставление

параметров оруденения по данным бурения

в 1977-1999 г.г. (с учётом поправок за интерпретацию) и 2000-2022г.г.

Таблица №3

№№ п/п	Параметры руда Блок	1977 - 1999 г.г.				2000 - 2019 г.г.				Отношение		
		Кол- во скв. N <sub>1</sub>	Ср. мощн. m <sub>1</sub>	Ср. сод., C <sub>1</sub>	Ср. метроп. mc <sub>1</sub>	Кол- во скв. N <sub>2</sub>	Ср. мощн. m <sub>2</sub>	Ср. сод., C <sub>2</sub>	Ср. метроп. mc <sub>2</sub>	$\frac{m_2}{m_1}$	$\frac{C_2}{C_1}$	$\frac{mc_2}{mc_1}$
1	Ш.п.1 1-170	43	2,66	0,065	0,174	30	3,06	0,072	0,221	1,15	1,11	1,27
2	Ш.п.2 206-220	262	3,30	0,139	0,459	204	3,92	0,107	0,419	1,19	0,77	0,91
3	Ш.п.2 232	32	4,31	0,097	0,419	27	4,52	0,088	0,399	1,04	0,91	0,95
4	Ш.п.3 344-350	106	3,68	0,183	0,675	66	5,64	0,120	0,680	1,53	0,66	1,01
5	Ш.п.4 426	73	2,04	0,123	0,251	41	2,74	0,097	0,265	1,34	0,79	1,06
6	Ш.п.8 2-8	55	1,56	0,244	0,380	47	2,58	0,121	0,313	1,65	0,50	0,82
	<b>Итого</b>	<b>571</b>	<b>2,92</b>	<b>0,135</b>	<b>0,393</b>	<b>415</b>	<b>3,74</b>	<b>0,102</b>	<b>0,383</b>	<b>1,28</b>	<b>0,75</b>	<b>0,97</b>

Из таблицы №3 видно, что метропроценты руды определенные по результатам гамма-каротажа скважин на «повторной» отработке можно использовать при подсчёте запасов исходной руды ( $mc_2 : mc_1 = 0,97$ ). В то же время мощности руд при «повторной» отработке – увеличиваются ( $m_2 : m_1 = 1,28$ ) что, возможно, указывает на разрыхление руды, перемешивании с безрудными породами при отработке её способом ПВ. Получив

расчётами вышеперечисленный результат и, учитывая погрешности этих расчётов, был произведён пересчёт запасов шахтных полей месторождения по данным гамма-каротажа скважин на этапе «повторной отработки и их сопоставление с добычей».

### Расчёт

коэффициента извлечения урана по шахтным полям на 01.01.2020г.

Таблица №4

№№ п/п	Шахтное поле (блока)	Подсчётные параметры			Всего ГП	К изв.	Примечание
		S, т.м <sup>2</sup>	ρ, кг/м	P,т			
1	Шахтное поле 1	456,7	3,23	1476	1435	0,97	CO <sub>2</sub> <2%
2	Шахтное поле 2 (блока 200-230)	660,4	4,92	3249	3024	0,93	CO <sub>2</sub> <2%
3	Шахтное поле 2 блок 232	81,6	7,0	572	236	0,41	CO <sub>2</sub> >2%
4	Шахтное поле 3	614,8	6,43	3958	2389	0,60	CO <sub>2</sub> >2%
5	Шахтное поле 4	705,9	3,42	2415	1887	0,78	50% -
6	Шахтное поле 5	537,4	5,56	2988	3003	>1,0	CO <sub>2</sub> <2%
7	Шахтное поле 8	124,0	3,95	490	391	0,80	CO <sub>2</sub> <2%
	Всего по месторождению	3180,0	4,76	15148	13365	0,88	

Если предположить, что способом ПВ, даже после «повторной» отработки нельзя извлечь из недр больше, чем 90%-95% от исходных запасов, то для шахтных полей с содержанием CO<sub>2</sub><2% (сернокислотное выщелачивание) – подсчёт занижен примерно на 5%, для карбонатных руд (CO<sub>2</sub>>2%) – подсчёт более менее достоверный.

Что касается теоретических предпосылок для таких выводов, то они следующие. Основным источником гамма-излучения в урановых рудах является радий. Согласно А.И. Перельману радий мигрирует в кислых и слабокислых водах, но выпадает в осадках в нейтральной и щелочной среде, т.е. при кислотном выщелачивании он мигрирует (выщелачивается) из руд при минирагентном выщелачивании практически не мигрирует. В работе ЦНИЛ (Латышев, Есаулов и др. 1990г) отмечено, что небольшое количество радия переходит в продуктивные растворы при способе ПВ, при этом большая его часть всё же образует новые труднорастворимые образования и оседают вблизи урановых руд.

Третье. Некоторые рекомендации по последовательности работ при выборе объектов для «повторной» отработке.

1. Выбирают объект, по которому анализируются количество первоначальных запасов, возможность их прироста, степень отработки запасов, период отработки, применяемые технологии, имевшие место при первой отработке технические сложности и др.
2. На площади объекта необходимо в разных местах пробурить 4-5 контрольных скважины с обсадкой и установкой фильтра на руду. В скважинах провести комплекс каротажей в том числе КНД; провести строительную прокачку и проанализировать водные пробы на уран, рН.

3. На основе сопоставления результатов гамма-каротажа контрольных скважин и КНД сделать предварительное заключение о количестве оставшихся запасов и их приуроченности к проницаемым породам. Проанализировать состав вод с продуктивного горизонта, наличие в нём повышенных концентраций урана.

4. Провести технико-экономические расчёты целесообразности «повторной» отработки на данном объекте.

5. Остаются в силе рекомендации из статьи Акопяна Ю.М. и Чернышева В.В., для ведения «повторной» отработки особенно в той части, где «новые» скважины следует располагать между «старыми».

Оруденение месторождения Сабырсай очень изменчивое, коэффициенты вариации продуктивности (метропроценты) рассчитанные по блокам шахтных полей 2 и 3 колеблются от 120% до 150%. Отсюда следует, что для вычисления запасов блоков с точностью 20% необходимо иметь в блоке не менее 40-60 пересечений (скважин). Поэтому оценка запасов отдельных технологических ячеек, где количество пересечений не превышает 10 – имеет погрешность до 50%.

Количество оставшихся в блоках запасов оценивается по разнице исходных запасов и добычи и контролируется бурением нескольких контрольных скважин, по которым сравниваются данные гамма-каротажа и каротажа КНД.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящей работе:

1. На сегодняшний день результаты «повторной» отработки запасов месторождения Сабырсай методом подземного выщелачивания позволяют сделать обоснованные выводы о высокой перспективности вовлечения ранее отработанных и условно списанных участков в повторную промышленную эксплуатацию.

2. Подведены предварительные результаты двадцатилетнего периода работ по «повторной» отработке запасов месторождения Сабырсай способом ПВ.

3. Перечислены факторы благоприятные для выбора объектов для «повторной» отработки запасов.

4. Сделан предварительный вывод о возможности использования данных гамма-каротажа скважин, пробуренных на этапе «повторной» отработки для оценки первоначальных запасов.

5. Проблема извлечения урана из плохопроницаемых руд не была решена, поэтому со временем возможна и «третья» отработка на месторождении Сабырсай.

6. Таким образом, «повторная» отработка месторождения Сабырсай способом подземного выщелачивания демонстрирует не только технологическую, но и экономическую целесообразность, открывая возможности для дополнительного вовлечения запасов в эксплуатацию и продления службы месторождения. Накопленный опыт может быть рекомендован для применения на аналогичных объектах с остаточными запасами после первичной разработки.

---

**Литература:**

1. Физико-химические Геотехнологии освоения месторождений урана и золота в кызылкумском регионе Е.А. Толстов; Д.Е. Толстов Москва-2002.
2. Окислительно-восстановительные процессы при выщелачивании О.Ф.Петухов; Е.А.Толстов; О.А.Михин; В.А.Латышев; Ташкент “ФАН” Академии наук Рес Узбекистан-2005.
3. Справочник по геотехнологии урана. Д.И.Скороварова; В.И.Белецкей; Л.К.Боготков; Н.И.Волков; Москва-АВТОМИЗДАТ-2002.
4. Окислительно-восстановительные процессы в металлургии О.Ф.Петухов; К.Санакулов; А.С.Хасанов; О.М.Мустакимов.
5. Петухов О.Ф., Истомин В.П., Руднев С.В., Хасанов А.С. Уран. – Ташкент: Turon zamin ziyo, 2015.
6. Петухов О.Ф., Хасанов А.С. Металлургия радиоактивных металлов. – Ташкент: Muharrir. – 2011.
7. Садыков Р.Х. Подземное выщелачивание урана за рубежом. Растворители и окислители при ПВ урана и средства подачи газообразных реагентов в пласт. – М.: ЦНИИиТЭИ по атомной науке и технике, 1986, №79 (330).
8. Санакулов К.С., Скрипко С.В., Петухов О.Ф., Орехов В.В., Гайбуллаев Г.С. и др. Способ подземного выщелачивания урана. – Патент РУз IAP 04442 от 20.11.2009.
9. Скрипко С.В., Петухов О.Ф., Истомин В.П. и Орехов В.В. Опытные работы по подземному выщелачиванию урана с применением гипохлорита натрия в качестве окислителя//Горный вестник Узбекистана. – 2010. - №1. – С.37-40.
10. Санакулов К. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. – Ташкент: Фан, 2009.