

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ  
ПРОИЗВОДСТВА ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ В УСЛОВИЯХ  
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

В. Б. БУРАН

Развитие фосфатно-тукового производства в том или ином экономическом районе зависит от органической совокупности ряда факторов: мощности и эффективности фосфатно-сырьевой базы, экономического потенциала и региональных особенностей экономического района. Рассматривая условия создания фосфатно-тукового производства в Западной Сибири, необходимо экономически обосновать методы переработки западносибирского фосфатного сырья, а также сырья близлежащих восточносибирских месторождений фосфоритов, с учетом особенностей Западно-Сибирского экономического района.

Известно, что производство фосфорных удобрений осуществляется тремя методами: 1) размол фосфоритов с целью получения фосфоритной муки; 2) кислотный метод получения растворимых удобрений; 3) термический метод получения растворимых удобрений. Выбор метода производства определяется качеством фосфатного сырья, наличием сырья для производства серной кислоты, мощностью и эффективностью топливно-энергетической базы. При этом фосфоритная мука является трудно-растворимым удобрением, производится только из карстовых фосфоритов, фосфатное вещество которых способно растворяться в кислых почвенных растворах и в слабой фосфорной кислоте.

Мировая практика производства растворимых фосфорных удобрений дает предпочтение кислотным методам, так как данный метод наиболее освоен и не требует значительных энергетических затрат. В СССР также основная масса фосфорных удобрений производится кислотным методом. В последние годы все шире осваивается термический метод. Этому способствует ряд факторов.

Производство фосфорных удобрений, особенно концентрированных, по технико-экономическим показателям находится в зависимости от экономики производства фосфорной кислоты. В свою очередь, технико-экономические показатели производства фосфорной кислоты обусловлены методами ее получения. Экстракционный метод позволяет получить высококачественную и дешевую кислоту при использовании высококачественного фосфатного сырья. При наличии дешевой электроэнергии появляется возможность осуществить производство кислоты термическим методом, которая по технико-экономическим показателям не уступает экстракционной.

Возможность совместной эксплуатации западносибирских и ряда восточносибирских месторождений фосфоритов обеспечивает фосфатно-



туковую промышленность Западной Сибири фосфатным сырьем, пригодным для переработки как кислотным, так и электротермическим методом (белкинский и тамалыкский фосконцентрат), а также сырьем, пригодным для переработки только электротермическим методом (белкинский карстовый фосфорит, тамалыкский, обладжанский фосфориты и, возможно, верхузасский фосфорит).

В НИУИФе были проведены лабораторные опыты по получению фосфорной кислоты из белкинского фосконцентрата. Они показали, что фосфорная кислота может быть получена при повышенном расходе серной кислоты по сравнению с переработкой каратаусского фосконцентрата на 25%, кировского апатитового концентрата на 38%. К тому же, разложение белкинского фосконцентрата во всех опытах было низким и составляло 24—26%.

Значительный расход серной кислоты и низкое разложение фосконцентрата при получении фосфорной кислоты кислотным методом из белкинского фосконцентрата обуславливает увеличение себестоимости производства фосфорной кислоты и удельных капиталовложений с учетом сопряженных в сырьевую базу.

Отрицательное влияние на технико-экономические показатели производства экстракционной фосфорной кислоты оказывает ограниченность ресурсов серной кислоты в Западной Сибири. Организация в Западной Сибири фосфатно-тукового производства с использованием кислотных методов ставит задачу расширения снабжения промышленности района серной кислотой. Эта задача может быть решена либо за счет развития в Западной Сибири сернокислого производства, либо за счет ввоза серной кислоты из экономических районов, располагающих резервами серной кислоты.

Западносибирское сернокислотное производство в настоящее время базируется на ввозимых с Урала серном колчедане и в некоторой мере на отходах ряда промышленных предприятий Западной Сибири. В целом баланс серной кислоты в Западной Сибири дефицитен. Существенным резервом для ликвидации дефицита серной кислоты является расширение переработки салаирских сульфидных полиметаллических руд и баритов Урского месторождения, расположенных к северо-западу от города Салаира. Развивающаяся западносибирская и нефтеперерабатывающая промышленность не может рассматриваться в качестве существенного источника сернокислотного сырья, так как ее развитие связано в перспективе с переработкой малосернистой западносибирской нефти.

Следовательно, ресурсы сернокислотного сырья в Западно-Сибирском экономическом районе ограничены. И развитие производства фосфорных удобрений в этом районе необходимо рассматривать с учетом поставок из других экономических районов либо сырья, либо серной кислоты. Выполненные в этом направлении расчеты с использованием данных ЦНИИТЭ нефтехима<sup>1)</sup> показали, что наименьшие затраты по обеспечению Западной Сибири серной кислотой могут быть получены при расширении сернокислотного производства в Западной Сибири на базе ввозимой серы нефтепереработки из Поволжья. Приведенные народнохозяйственные затраты по производству серной кислоты в Западной Сибири на основе серы нефтепереработки, ввозимой из Поволжья, на 39,5% меньше, чем на основе пиритного концентрата, ввозимого с Урала.

---

<sup>1)</sup> По данным ЦНИИТЭ нефтехима при годовой мощности нефтеперерабатывающего завода 12 млн. тонн нефти мощность производства элементарной серы составит 100 тыс. тонн, капиталовложения 1 млн. рублей. (Перспективные нефтеперерабатывающие заводы СССР. ЦНИИТЭ нефтехим. М., стр. 67, 1966).



Выполненный расчет технико-экономических показателей производства экстракционной фосфорной кислоты в условиях Западной Сибири из белкинского фосконцентрата показал следующее. Себестоимость фосфорной кислоты, в расчете на 1 т  $P_2O_5$  из белкинского фосконцентрата в Западной Сибири (Таштагол, Новокузнецк, Мыски, Кемерово, Камень-на-Оби) составляет 97,6—106,3 руб., удельные капиталовложения—378,7—411,8 руб., приведенные народнохозяйственные затраты—173,4—188,6 руб. Сопоставление технико-экономических показателей производства экстракционной кислоты из белкинского фосконцентрата в Западной Сибири и каратаусского фосконцентрата в Казахстане (г. Джамбул) указывает на равноценность вариантов. Так, по данным НИУИФа себестоимость 1 т  $P_2O_5$  в экстракционной фосфорной кислоте, полученной при переработке каратаусского фосконцентрата в условиях Джамбула, составляет 106 руб., удельные капиталовложения—383 руб., приведенные народнохозяйственные затраты—182,6 руб.<sup>2)</sup> Однако по тем же данным переработка каратаусских фосфоритов в условиях Алмалыка обходится дешевле: себестоимость—67,4 руб., удельные капиталовложения—323 руб., приведенные народнохозяйственные затраты—132 руб. Последнее указывает на то, что ориентация производства фосфорной кислоты в Западной Сибири на белкинский фосконцентрат связана с удорожанием ее производства в сравнении с производством кислоты из каратаусских фосконцентратов в условиях Алмалыка по приведенным народнохозяйственным затратам на 30—39%.

В условиях Западной Сибири, где в настоящее время ощущается острый дефицит серной кислоты и имеется мощная топливно-энергетическая база, особый интерес представляет производство фосфорной кислоты термическим методом. Освоение электротермического метода позволяет существенно расширить сырьевую базу фосфатно-тукового производства, так как в производстве фосфорной кислоты могут быть использованы, наряду с первичными, вторичные фосфориты сибирских месторождений. При этом использование вторичных фосфоритов Белкинского месторождения способствует повышению технико-экономических показателей производства фосфорной кислоты, так как их освоение характеризуется более благоприятными технико-экономическими показателями в сравнении с освоением белкинских пластовых фосфоритов.

Технико-экономические показатели производства термической фосфорной кислоты определяются технико-экономическими показателями производства фосфора, так как 89—92% себестоимости кислоты формируется за счет затрат по фосфору, а 90—96% капиталовложений связано с производством фосфора. В связи с этим, в тех экономических районах, где обеспечиваются наиболее благоприятные технико-экономические показатели по производству фосфора, создаются наиболее выгодные экономические условия для производства термической фосфорной кислоты.

На востоке страны электротермическая возгонка фосфора может осуществляться на базе фосфоритов Кара-Тау (Казахстан); Белкинского месторождения (Западная Сибирь), Тамалыкского, Обладжанского, Сейбинского месторождений и фосфорсодержащих отходах при обогащении комплексных руд Белозиминского месторождения (Восточная Сибирь). По указанным месторождениям проведено сопоставление технико-экономических показателей производства фосфора (табл. 1).

Организация производства фосфора в Западной Сибири из фосфоритов Белкинского и Тамалыкского месторождений по технико-экономи-

<sup>2)</sup> Федоренко Н. П., Ципина Э. И. Технико-экономическое сравнение методом производства фосфорной кислоты. Ж. Химическая промышленность, № 9, 1964 г.



ческим показателям практически не уступает производству фосфора из каратаусских фосфоритов. Так, себестоимость производства фосфора в Западной Сибири ниже, чем в Казахстане вследствие наличия дешевой электрической энергии. Однако капитальные вложения в Западной Сибири выше. Оба показателя компенсируются при расчете приведенных народнохозяйственных затрат, последние по обоим экономическим районам примерно одинаковы.

Таблица 1

Технико-экономические показатели производства фосфора в Западной Сибири, Поволжье, Казахстане и Восточной Сибири

Экономический район и фосфатное сырье	Пункт производства	Производительность, тыс. т в год	Себестоимость 1 т фосфора в год, руб	Удельные капиталовложения, руб	Приведенные народнохозяйст. затраты, руб
<b>I. Западная Сибирь</b>					
1. Шихта из белкинского фосконцентрата и белкинских карстовых фосфоритов	Новокузнецк	120	155	188	332,6
2. Белкинские карстовые фосфориты	"	97	151,5	865,9	324,7
3. Шихта из белкинских карстовых фосфоритов и тамалыкского фосконцентрата	"	107	169,6	891,2	347,8
<b>II. Восточная Сибирь</b>					
1. Белозиминский концентрат	Тулун	120	117,4 <sup>1)</sup>	651,0	247,6
2. Шихта белозиминского концентрата и сейбинской фосруды	"	160	118,8 <sup>1)</sup>	637,0	246,2
<b>III. Казахстан</b>					
1. Каратаусская фосруда	Джамбул	107	176,0	772,4	330,48
2. Шихта из актюбинских и верхнекамских фосфоритов	Актюбинск	45,2	241,0	1462,0	533,4
<b>IV. Поволжье</b>					
1. Каратаусская фосруда	Куйбышев	45,2	196,0	1212,0	438,5
2. Шихта из актюбинских и верхнекамских фосфоритов	"	45,2	249,0	1452,3	539,5

Примечание: 1) себестоимость пересчитана с учетом оценки затрат на феррофосфор по фосфору.

Наилучшие технико-экономические показатели в производстве электротермического фосфора на востоке страны достигаются за счет введения в эксплуатацию белозиминского апатитового концентрата. Второе место по технико-экономическим показателям занимает производство фосфора на базе фосфоритов Кара-Тау, третье — на базе местного фосфатного сырья в Западной Сибири. Вместе с тем, следует заметить, что несмотря на благоприятные технико-экономические показатели производства фосфора при переработке белозиминского апатито-



вого концентрата, освоение ресурсов Белозиминского месторождения обусловлено получением не апатитового сырья, а ряда целевых продуктов. К тому же, весьма благоприятные технико-экономические показатели производства фосфора из белозиминского апатитового концентрата в определенной мере обусловлены необоснованно низкой себестоимостью и низкими капиталовложениями в производство концентрата, которые приняты лишь по стадии обогащения без учета затрат на добычу руды. Сказанное подтверждает важное значение Белкинского и Тамалыкского месторождений фосфатного сырья для создания фосфатно-тукового производства в Западной Сибири.

Таблица 2

**Технико-экономические показатели производства термической фосфорной кислоты в Западной Сибири, Поволжье, Казахстане и Восточной Сибири**

Экономический район и фосфорное сырье	Пункт производства	Производительность, тыс. т $P_2O_5$ в год	Себестоимость 1 т $P_2O_5$ в килослоте, руб	Удельные капиталовложения в руб на 1 т $P_2O_5$	Приведенные затраты в руб на 1 т $P_2O_5$
<b>I. Западная Сибирь</b>					
1. Шихта из белкинского фосконцентрата и белкинских карстовых фосфоритов	Новокузнецк	130,5	81,39	454,57	172,30
2. Белкинские карстовые фосфориты	Новокузнецк	130,5	79,67	444,01	163,49
3. Шихта из белкинских карстовых фосфоритов и тамалыкского фосконцентрата	Новокузнецк	130,5	88,35	456,15	179,58
<b>II. Поволжье</b>					
1. Каратауская фосруда	Куйбышев	87,0	103,52	612,14	225,95
2. Шихта из актюбинских и верхнекамских фосфоритов	Куйбышев	87,0	128,98	727,29	274,44
<b>III. Казахстан</b>					
1. Каратауская фосруда	Джамбул	130,5	91,18	397,44	170,69
2. Шихта из актюбинских и верхнекамских фосфоритов	Актюбинск	87,0	125,15	731,54	271,46
<b>IV. Восточная Сибирь</b>					
1. Белозиминский концентрат	Тулун	130,5	63,39	341,07	131,60
2. Шихта из белозиминского концентрата и сейбинской фосруды	Тулун	130,5	64,05	334,34	130,92
3. Ошурковский концентрат	Улан-Удэ	130,5	92,95	496,58	192,27
4. Кручинский концентрат	Кручина	87,0	101,03	509,38	202,91

Указанное соотношение технико-экономических показателей производства фосфора по рассмотренным экономическим районам сохраняется и в отношении производства фосфорной кислоты — термической



(табл. 2): наиболее благоприятные технико-экономические показатели характерны для производства термической фосфорной кислоты в условиях Восточной Сибири на базе белозиминского апатитового концентрата; технико-экономические показатели производства фосфорной кислоты на базе белкинских и тамалыкских фосфоритов в Западной Сибири и каратаусских фосфоритов в Казахстане практически равноценны.

Сопоставляя технико-экономические показатели производства фосфорной кислоты в условиях Западной Сибири кислотным и термическим методами, можно отметить следующее. Приведенные народнохозяйственные затраты примерно одинаковы. Это объясняется тем, что себестоимость производства фосфорной кислоты термическим методом ниже, чем кислотным на 8—18%, а удельные капиталовложения выше на 13—20%. При этом, если затраты по переделу при кислотном методе составляют 7,59—7,75 руб., то при термическом — 39,77—45,6 руб. Такое соотношение затрат по переделу связано с высокими энергетическими затратами термического метода, которые в 18—20 раз выше, чем при кислотном методе производства фосфорной кислоты.

Структура удельных капиталовложений также неодинакова. Удельный вес прямых капиталовложений в основные и вспомогательные объекты химического завода по производству фосфорной кислоты в общих капиталовложениях на единицу мощности составляет при экстракционном методе 13,1—18,9%, а при термическом — 30,1—39,0%. Удельные капиталовложения в основные и вспомогательные объекты химического завода при термическом методе в 2,2—3,3 раза выше, чем при кислотном методе, а сопряженные меньше на 5—28%. До 99% сопряженных капиталовложений кислотного метода обусловлены капитальными вложениями в сопряженные производства фосфатного сырья, серной кислоты, вспомогательных материалов и их транспортировку, а капиталовложения в энергетическую базу не превышают 1%. При термическом методе 57—85% сопряженных капитальных вложений формируется за счет вложений в энергетическую базу.

Следовательно, значительная часть себестоимости и капиталовложений при термическом методе формируется за счет затрат по энергетической составляющей, а при экстракционном — за счет затрат по сернокислотной составляющей. На перспективный период в Западной Сибири при дефиците серной кислоты наиболее целесообразным вариантом развития производства фосфорных удобрений следует считать освоение термического метода производства фосфорной кислоты, так как Западно-Сибирский экономический район характеризуется высокоэффективной топливно-энергетической базой. К тому же, выполненный расчет указывает на снижение трудоемкости производства термической кислоты по сравнению с экстракционной в условиях Западной Сибири на 12—21%, что чрезвычайно важно для Западно-Сибирского экономического района, где ощущается относительный дефицит рабочей силы.

Серьезным достоинством электротермического метода в условиях Западной Сибири является возможность вовлечения в хозяйственный оборот наряду с пластовыми и карстовых фосфоритов западносибирских и близлежащих восточносибирских месторождений фосфатного сырья, ибо при экстракционном методе переработки не представляется возможным использовать в связи с жесткими требованиями экстракционного метода к качеству фосфатного сырья и карстовые фосфориты в производстве фосфорной кислоты.