

*А.П. Ильин, А.А. Ильин*

***СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ***

*Учебное пособие*

Иваново

2011

Министерство образования и науки Российской Федерации

Ивановский государственный химико-технологический университет

А.П. Ильин, А.А. Ильин

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Учебное пособие

Иваново 2011

УДК 661:546

Ильин, А.П. Современные проблемы химической технологии неорганических веществ: учеб. пособие / А.П. Ильин, А.А. Ильин; Иван. гос. хим.- технол. ун-т. – Иваново, 2011. 133 с.

В учебном пособии представлены материалы, необходимые для изучения курса «Современные проблемы химической технологии неорганических веществ» в соответствии с требованиями учебной программы по направлению 240100 «Химическая технология и биотехнология» магистерской программы «Химическая технология неорганических веществ и материалов». Подробно обсуждены современное состояние, проблемы технического развития азотной промышленности, тенденции и прогнозы совершенствования производства минеральных удобрений, сырьевой базы, инновационные процессы на предприятиях отрасли, а также ситуация на товарных рынках и мероприятия по ликвидации последствий мирового кризиса.

Пособие предназначено для аспирантов, магистрантов и студентов по специальности 240100 «Химическая технология неорганических веществ».

Табл.22. Ил.40. Библиогр.: 12 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензенты:

кафедра общей и неорганической химии Московского государственного открытого университета (филиал в г. Воскресенске)

доктор технических наук, профессор А. В. Балмасов (Ивановский государственный химико-технологический университет)

© Ильин А.П., Ильин А.А., 2011

© Ивановский государственный  
химико-технологический  
университет, 2011

## Оглавление

1.	Основные направления технического прогресса в азотной промышленности.	4
1.1.	Основные проблемы технического развития в азотной промышленности	6
1.2.	Технический прогресс в производстве аммиака	7
1.3.	Обзор современных технологий производства аммиака	12
1.4.	Современные тенденции в производстве метанола	23
2.	Тенденции и прогнозы развития производства минеральных удобрений	38
2.1.	Тенденции развития производства фосфорсодержащих удобрений	38
2.2.	Перспективные направления развития производства комплексных удобрений	45
2.3.	Получение концентрированных марок аммофоса	
2.4.	Производство сложных карбамидно-фосфатных удобрений	68
2.5.	Проблемы использования низкосортных фосфатов для получения РК – удобрений	79
2.6.	О состоянии и перспективах производства смешанных минеральных удобрений (тукосмесей) в России	84
2.7.	Инновационные процессы на предприятиях по производству минеральных удобрений	100
3.	Финансовый кризис и его влияние на ситуацию на товарных рынках	113
3.1.	Роль и перспективы серы как питательного элемента для растений	113
3.2.	Ситуация на товарных рынках и мероприятия по ликвидации последствий мирового кризиса	118
3.3.	Динамика изменения цен на сырье и продукцию в 2007-2009 г.г.	125

## 1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В АЗОТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Переход от центрально-планируемой к рыночной экономике нам понадобился для того, чтобы резко повысить ее эффективность, другими словами, повысить производительность труда за счет преимуществ рыночной экономики. К сожалению, наши успехи в этой части пока более чем скромные. Если в доперестроечное время производительность труда России отставала от США примерно в 4 раза, то сегодня - почти в 7 раз [1].

Как видно из *таблицы 1*, производительность труда у наших основных западных конкурентов на порядок выше, чем на предприятиях самых крупных наших холдингов — «ФосАгро» и «ЕвроХим».

Конечно, нельзя слишком строго подходить к цифрам, приведенным в таблице 1. Дело в том, что западным фирмам свойственна, с одной стороны, узкая специализация, с другой стороны, кооперация. На многих наших химических предприятиях существуют крупные ремонтно-механические цеха, собственный ремонтный персонал, занимающийся капитальным ремонтом цехов, транспортные цеха, цеха озеленения и т.д., что не свойственно западным фирмам. Для выполнения подобных работ у них привлекаются специализированные организации. Кроме того, ввиду низкой зарплаты сотрудников наши предприятия содержат подсобные сельскохозяйственные предприятия (для обеспечения дешевым продовольствием столовых сотрудников), дома отдыха, санатории, спортивные базы, а то — и жилой фонд. В былые времена в штат производственных цехов зачислялись и те, кто играет в футбол, хоккей, пляшет и поет.

Если освободиться от всего этого, то показатель производительности труда на наших предприятиях заметно повысится (но, конечно же, не на порядок). Но беда в том, что при нашей нищенской зарплате наши предприятия просто не могут от всего этого отказаться. А обеспечить такую же зарплату, как в западных странах, они не могут ввиду низкой производительности труда.

Известно, что количество персонала на многих предприятиях сохранилось практически на доперестроечном уровне. Учитывая, что за последние 15-20 лет ассортимент продукции на рассмотренных предприятиях не претерпел значительных изменений, а объем выпуска продукции несколько сократился, то следует говорить не о росте, а о снижении производительности труда в отрасли.

Между тем, на родственном нам предприятии по производству минеральных удобрений АО «Лифоса» (Холдинг «ЕвроХим») в бывшей братской республике Литва за период рыночных реформ численность персонала

Таблица 1

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА У ОСНОВНЫХ КОНКУРЕНТОВ РОССИЙСКИХ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Наименование показателя	Един. измер.	ФосАгро Россия	ЕвроХим, Россия	YARA, Норвегия	Кемира, Финляндия	PCS, США	IMC, США	Agnium, США	Cargill, США
Ассортимент выпускаемой продукции		Фосфорсодержащие удобрения кормовые фосфаты	Азотные, фосфорсодержащие удобрения кормовые фосфаты	Азотные фосфорсодержащие удобрения	Фосфорсодержащие удобрения, кормовые фосфаты	Азотные, фосфорсодержащие калийные удобрения кормовые фосфаты	Фосфорсодержащие удобрения, кормовые фосфаты	Азотные, фосфорсодержащие калийные удобрения	Азотные, фосфорсодержащие удобрения, кормовые фосфаты
Объем выпуска товарной продукции, 2003 г.	Тыс. тонн	3540	5220	16700	5000	15066	14616	8142	7250
Численность производственного персонала	Чел.	30000	30000	7500	3130	4904	5017	4667	3200
Выработка на одного рабочего	Тыс. т/чел	0,12	0,17	2,23	1,79	3,07	2,91	1,74	2,27

сократилась с 2000 до 1053 человек, а выпуск продукции вырос от 250 тыс.т/год аммофоса до 850 тыс.т/год.

Весьма важным аспектом повышения производительности труда и конкурентоспособности предприятия является непрерывная модернизация производства. Технический прогресс в сфере материального производства не является самоцелью. Он является единственным неисчерпаемым источником снижения издержек производства, совершенствования ассортимента и повышения качества продукции, а также роста производительности труда, как на данном предприятии, так и в смежных отраслях (например, через ассортимент и качество удобрений — в сельском хозяйстве) и в экономике страны в целом.

### ***1.1. Основные проблемы технического развития в азотной промышленности***

В области производства аммиака основными направлениями технического прогресса являются:

- разработка энергосберегающих агрегатов (прежде всего, направленных на экономию природного газа) в широком диапазоне удобных для продуцента мощностей;

- разработка гигантских агрегатов мощностью миллион тонн аммиака в год и выше, так называемых «мега» или «джамбо» агрегатов (с целью экономии на удельных капитальных вложениях и на условно-постоянных расходах);

- модернизация действующих производств.

Проблема энергосбережения приобретает особую актуальность в связи с возможностью либерализации цен на природный газ для промышленных целей.

В области производства твердых одинарных азотных удобрений направлением технического прогресса является переход от производства приллированных удобрений к производству гранулированных удобрений.

Здесь следует сделать некоторые объяснения. Дело в том, что для крупных хозяйств, характерных для США и Франции, а также типа бывших наших колхозов и совхозов, самыми прогрессивными являются жидкие удобрения. Однако, жидкие удобрения пока не завоевали повсеместного признания и нашли широкое применение только в Северной Америке и некоторых странах Западной Европы (преимущественно, во Франции). Несмотря на огромную работу, проведенную по популяризации жидких удобрений в последние годы существования СССР, с началом реформ их использование в России практически прекратилось. Что же касается твердых удобрений, то в развитых странах (сначала в Северной Америке, а затем и в Западной Европе) все более широким

спросом стали пользоваться сухие тукосмеси.

Для высококачественных сухих тукосмесей предпочтительнее использовать гранулированные, а не приллированные удобрения (технологический процесс производства гранулированных удобрений позволяет регулировать размер гранул, гранула обладает большей прочностью), что предотвращает сегрегацию гранул в процессе транспортировки удобрений, сокращает образование пыли, позволяет более равномерно распределять компоненты смеси по обрабатываемой площади при внесении удобрений с помощью дисковых разбрасывателей. Учитывая, что в обозримой перспективе, ввиду неразвитости внутреннего рынка удобрений и жестокого кризиса сельского хозяйства страны, основная масса выпускаемых удобрений будет направляться на экспорт, наши требования к удобрениям должны, прежде всего, учитывать требования международного рынка. Наши жидкие азотные удобрения (растворы КАС) сегодня полностью удовлетворяют требованиям этого рынка. Наши приллированные удобрения также вполне соответствуют требованиям, предъявляемым к приллированным удобрениям. Но с каждым годом все большую долю в общем спросе на азотные удобрения на мировом рынке занимают гранулированные удобрения. Наши основные конкуренты по экспорту уже почувствовали эти перемены и принимают соответствующие меры. Наша реакция опаздывает.

Естественно, мы должны считаться с консервативностью мышления и поведения крестьянина. Приллированные удобрения еще долго будут пользоваться преимущественным спросом в тех странах, где пока не развивается сухое тукосмешение. Но будущее за гранулированными удобрениями. И пусть вас не смущает тот факт, что сегодня нынешние цены на гранулированные удобрения далеко не всегда отражают этот очевидный факт. Всему свое время.

Конечно, и в производстве карбамида и аммиачной селитры еще не исчерпаны возможности сокращения издержек производства, как за счет снижения энергопотребления, так и увеличения мощностей агрегатов. Первые, так называемые “мега” агрегаты карбамида, или уже пущены в эксплуатацию, или строятся, по крайней мере, в странах Ближнего Востока.

## *1.2. Технический прогресс в производстве аммиака*

### *Энергосберегающие агрегаты*

К началу 70-х годов прошлого столетия все широко известные фирмы - разработчики агрегатов производства аммиака располагали технологией мощностью 900-1350 т/сутки, работающих на природном газе с использованием



центробежных компрессоров. Энергоемкость этих энергетически автономных агрегатов составляла порядка 10,0—10,2 Гкал на тонну аммиака [1].

После энергетического кризиса 1973-1974 гг. практически все фирмы-разработчики агрегатов аммиака незамедлительно приступили к разработке энергосберегающих технологических процессов, позволяющих существенно снизить расход энергии (природного газа). Работа велась в двух направлениях. Прежде всего - в части сокращения потерь энергии в традиционных технологических схемах, а также в части создания принципиально новых, энергосберегающих технологических процессов.

Одним из знаковых событий явился пуск нового крупного агрегата фирмы Wгаun в 1982 году в Западной Германии в г. Людвигсгафен. Энергоемкость этого агрегата при гарантийных испытаниях составила 6,5 Гкал/т, т.е. на 35% ниже, чем у агрегатов, разрабатывавшихся до энергетического кризиса. Мощность этого агрегата — 1300 т/сутки. Однако у этого агрегата была одна особенность - он выдавал на сторону очень большое количество пара, т.е. для реализации его преимуществ на той же площадке нужен был крупный потребитель пара. Вариант этого агрегата, но уже без выдачи пара на сторону, был реализован в Нидерландах, г. Слуискил, в 1984 году. Мощность агрегата - 1700 т/сутки. При гарантийных испытаниях он продемонстрировал энергоемкость 7,5 Гкал/т. Этот показатель был заметно выше, чем продемонстрированный в Германии, но все же на 25% ниже, чем на традиционных крупнотоннажных агрегатах аммиака. Некоторые эксперты отмечали, что существенным недостатком технологического процесса, разработанного фирмой Wгаun, является использование в качестве двигателя для компримирования воздуха газовой турбины, что усложняет эксплуатацию агрегата.

Еще одним крупным событием был удачный пуск в Канаде в 1985 году крупного агрегата аммиака (без газовой турбины), разработанного фирмой ICI, с показателем энергоемкости порядка 7,0 Гкал/ т. Мощность — 1300 т/сутки. Одновременно эта же фирма работала над созданием агрегатов существенно меньшей мощности, но с таким же низким потреблением энергии на тонну аммиака. Вскоре такой агрегат мощностью 450 т/сутки был введен в эксплуатацию в Греции, а затем еще два таких агрегата были введены в эксплуатацию в Англии, г. Севернсайд.

Разумеется, что во всех вышеперечисленных случаях цифра энергопотребления не включает энергию, затрачиваемую на компримирование природного газа до давления стадии конверсии. При дорогом природном газе редуцирование его от давления в магистральном газопроводе (-40 атм.) до давления в местной распределительной сети и затем компримирование до

давления -40 атм. является непозволительной роскошью. Другими словами, агрегат аммиака подсоединяется напрямую к магистральному газопроводу. При этом отметим, что в России даже крупнейшее в мире предприятие по производству аммиака, ТООЗ, в те времена не было подключено напрямую к магистральному газопроводу.

Таким образом, уже только эти две фирмы-лицензиары могли обеспечить рынок энергосберегающими агрегатами аммиака нового поколения с использованием центробежных компрессоров в широком диапазоне мощностей — от 450 т/сутки до 1700 т/сутки. Но к этому времени с разработкой подобных энергосберегающих агрегатов аммиака подоспели и другие широко известные фирмы-разработчики технологических процессов аммиака (Kellogg, Haldor Topsoe, Uhde, Humphreys, Glasgow и др.)

Интересно отметить, что установленный в начале 80-х годов прошлого столетия рубеж 6,5 - 7,5 Гкал/т аммиака практически не превзойден и до настоящего времени, несмотря на использование фирмами-лицензиарами в своих разработках целого ряда принципиально новых технических решений. Так, например, в Индии для фирмы “GSFC” по схеме LAC фирмы Линде А.Г. в 1999 году была пущена в эксплуатацию установка аммиака мощностью 1350 т/сутки. В схеме применяется колонна аммиака с радиально-осевым потоком газа и тремя слоями катализатора, разработанная фирмой “Ammonia Casale”. Синтез аммиака осуществляют по технологии КААР (Kellogg Advanced Ammonia Process) на высокоактивном рутениевом катализаторе при давлении 9 МПа. Суммарный расход сырья и топлива в процессе составляет 29,2 ГДж на 1 т аммиака, т.е. все те же 7,0 Гкал. Еще две установки с использованием той же технологии, но меньшей мощности (230 и 600 т/сутки) были пущены в Австралии год спустя. Принципиальная схема установки приведена в журнале “Научно-технические новости“, Инфохим, № 4 (16) 2004.

Условно принимаем, что начиная с 1986 года в мире (за исключением СССР) вводились в эксплуатацию только «энергосберегающие» агрегаты (т.е. с энергоемкостью 6,5 - 7,5 Гкал), до 1986 года вводились в эксплуатацию «традиционные» агрегаты (с энергоемкостью около 10 Гкал/т аммиака). Условность, с одной стороны, обусловлена тем обстоятельством, что агрегаты фирмы Вгаун, даже построенные в 70-е годы, отличались очень низкой энергоемкостью, с другой стороны, все фирмы-лицензиары непрерывно заметно модернизировали свои агрегаты, так что агрегаты, построенные в конце 70-х — начале 80-х годов отличались заметно меньшим энергопотреблением, чем агрегаты десятилетней давности. Кроме того, и не все агрегаты, введенные в 1986 году или после были, строго говоря,

«энергосберегающими». Что же касается СССР, то все крупные агрегаты, строившиеся в нашей стране даже после 1986 года, относятся к числу «традиционных» с энергоемкостью больше 10,0 Гкал. Ни одного «энергосберегающего» агрегата в СССР (как и в России) не было построено.

В табл. 2 представлены доли «энергосберегающих» агрегатов аммиака (рассчитанные по вышеизложенной методике) в различных регионах мира и некоторых отдельных странах. В число «энергосберегающих» мы не включаем агрегаты, работающие на угле, мазуте, водороде, являющимися отходом других химических производств, даже если эти агрегаты были введены в эксплуатацию в рассматриваемый период (с 1986 года). Также не включены агрегаты, работающие на поршневых компрессорах (т.е. потребляющие значительное количество электроэнергии со стороны). Данные табл. 2 свидетельствуют, что самыми отстающими регионами в части внедрения энергосберегающих агрегатов аммиака являются бывший СССР (включая Россию), а также Центральная Европа (т.е. бывшие соцстраны). Здесь не было построено ни одного энергосберегающего агрегата. За ними следует Северная Америка, в которой (даже с учетом относительно продвинутой Канады) доля мощностей энергосберегающих агрегатов по нашей оценке составляет всего лишь 3,5%. Это объясняется тем фактом, что строительство азотной промышленности США завершилось раньше создания энергосберегающих агрегатов. Далее следует Африка (с долей энергосберегающих агрегатов 20,6%), Западная Европа (24,9%), Социалистическая Азия (33,1%), Океания (37,7%), Латинская Америка (39,1%), Западная Азия и Ближний Восток (41,1%) и Азия (41,7%). Наиболее продвинутыми в части использования энергосберегающих технологий являются наши основные конкуренты-экспортеры на международных рынках аммиака и азотных удобрений — Венесуэла (70,2% энергосберегающих мощностей), Тринидад и Тобаго (65,5%), Индонезия (48,8%), и страны Ближнего Востока (41,1%).

Некоторое отставание последних по рассматриваемому показателю является результатом непрекращающихся политических конфликтов в этом регионе. Следует отметить, что помимо использования энергосберегающих технологий, все наши вышеперечисленные конкуренты располагают дешевым природным газом, что уже сегодня осложняет ситуацию на международном рынке для российских экспортеров аммиака и удобрений. Ожидаемый рост цен на природный газ в России в ближайшие 3-5 лет в 1,5-2 раза весьма отрицательно скажется на конкурентоспособности российских экспортеров аммиака и удобрений.

Таблица 2

**ДОЛЯ « ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ» АГРЕГАТОВ ОТ ОБЩЕЙ  
МОЩНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА АММИАКА**

Регион	Общая мощность агрегатов аммиака, млн т N	Мощность энергосберегающих агрегатов, млн т NH <sub>3</sub>	Доля мощности энергосберегающих агрегатов, %
Западная Европа	10,35	2,58	24,9
Центральная Европа (бывшие соцстраны)	7,0	0	0
Бывший СССР	19,0	0	0
в т.ч. Россия	11,0	0	0
Латинская Америка	9,6	3,75	39,1
в т.ч. Тринидад и Тобаго	4,2	2,75	65,5
Венесуэла	1,4	1,0	70,2
Северная Америка	16,5	0,58	3,5
в т.ч. Канада	4,4	0,46	10,4
Африка	1,3	0,27	20,6
Западная Азия и Ближний Восток	9,5	3,91	41,1
Азия	23,1	9,26	41,7
в т.ч. Индонезия	5,2	2,55	48,8
Социалистическая Азия	10,9	3,61	33,1
в т.ч. Китай	9,8	3,15	32,1
Океания	0,96	0,36	37,7
Мир всего	108,2	24,7	22,8
С учетом мелких китайских установок	130,1	24,7	19,0
За исключением мелких и средних китайских установок, работающих в основном на угле			

В целом около четверти мировых мощностей аммиака используют энергосберегающие технологии (с учетом мелких китайских установок — около 20%). Еще раз повторимся — в России нет ни одного энергосберегающего агрегата. Более того, нет отечественного НИИ, который мог бы создать подобный агрегат. Московский ГИАП практически перестал существовать. Но есть целый ряд зарубежных подрядчиков и инжиниринговых фирм, готовых их нам поставить.

Является ли наше столь явное техническое отставание веским основанием для немедленного осуществления замены наших энергозатратных агрегатов на агрегаты нового поколения? Вовсе нет. Аммиачное производство очень капиталоемкое. Поэтому даже богатые страны Северной Америки и Западной Европы не торопятся с такой заменой. Там вкладывают значительные средства в модернизацию действующих агрегатов. По заявлению руководства ЕФМА, сегодня построенные в Западной Европе 20-30 лет назад агрегаты аммиака работают так же экономично, как самые современные. Как утверждают китайские товарищи, все построенные в Китае в семидесятые годы прошлого столетия крупные агрегаты аммиака были существенно модернизированы и сегодня фактически потребляют 1000 м<sup>3</sup> или меньше природного газа на тонну аммиака.

### **1.3. Обзор современных технологий производства аммиака**

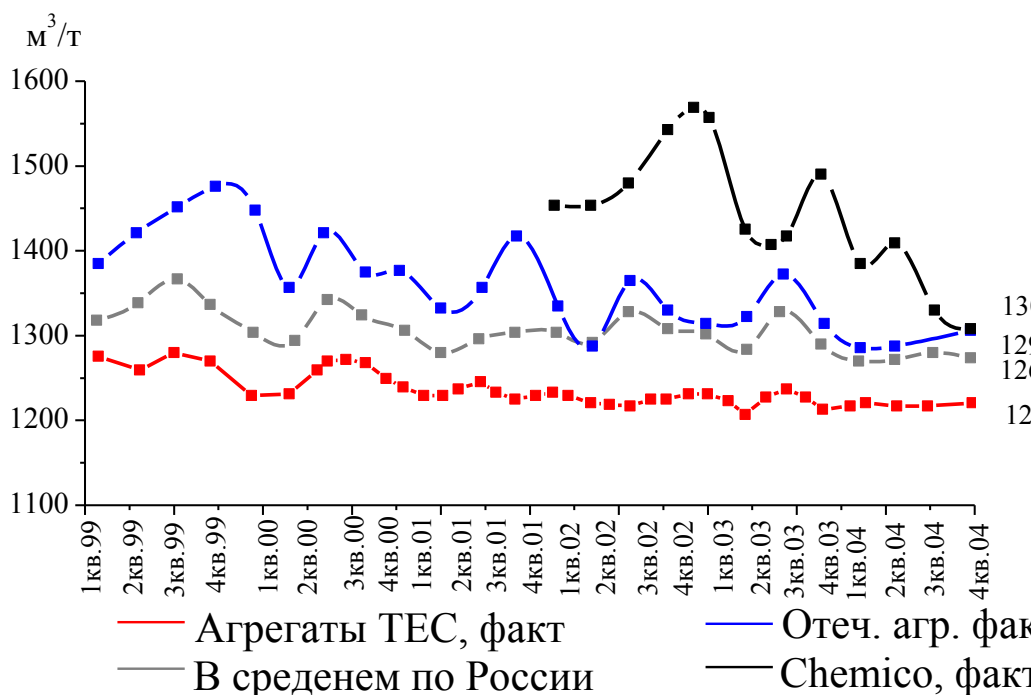
В последние годы существования СССР на четырех агрегатах аммиака была осуществлена довольно дорогостоящая модернизация по проекту фирмы ТЕС. Однако эта модернизация была направлена в основном на увеличение мощности агрегатов. Экономия энергоресурсов была незначительной. В последнее десятилетие на российских предприятиях была выполнена модернизация не менее 15 агрегатов аммиака по проекту фирмы Casale (в основном это касается колонны синтеза аммиака), позволяющая снизить расход природного газа на 40-50 м<sup>3</sup> на тонну аммиака, слегка увеличить мощность и, главное, смягчить условия работы оборудования в петле синтеза аммиака. Осуществлялась модернизация отдельных агрегатов и по другим проектам.

Выполненная модернизация в сочетании с повышением степени использования агрегатов аммиака позволили в последние годы существенно снизить потребление природного газа на тонну аммиака в целом по России (см. рисунок 1). Наиболее значительное снижение потребления природного газа было достигнуто на агрегатах Chemico.

На рис. 2 приведено сравнение расхода природного газа в 2004 году на различных типах крупных агрегатов, используемых в России, а на рисунке 3 сравниваются показатели энергопотребления действующих в России агрегатов и современных энергосберегающих агрегатов. Расход природного газа на лучшем в России агрегате аммиака (ТЕС, Новгород) составил в 2004 году 1121 м<sup>3</sup>/т, что на 10% ниже проектного показателя. Возможно, наш читатель не знает, что когда, например, в Западной Европе говорят о потреблении газа, то имеют в виду его теплосодержание 9000 ккал/м<sup>3</sup>, а не 7900 ккал/м<sup>3</sup> как у нас,

другими словами, указанный агрегат фирмы «Акрон» потребляет по

### Расход природного газа на крупных агрегатах производства аммиака

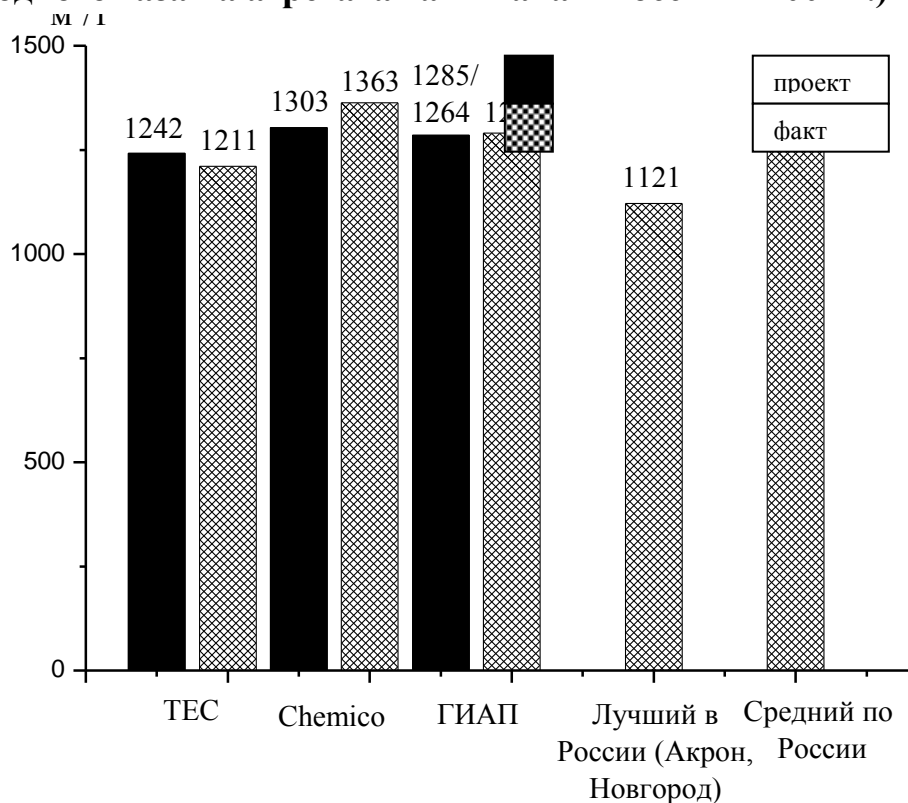


**Рис. 1. Потребление природного газа на тонну аммиака**

На рис. 2 приведено сравнение расхода природного газа в 2004 году на различных типах крупных агрегатов, используемых в России, а на рисунке 3 сравниваются показатели энергопотребления действующих в России агрегатов и современных энергосберегающих агрегатов. Расход природного газа на лучшем в России агрегате аммиака (ТЭС, Новгород) составил в 2004 году 1121 м<sup>3</sup>/ т, что на 10% ниже проектного показателя. Возможно, наш читатель не знает, что когда, например, в Западной Европе говорят о потреблении газа, то имеют в виду его теплосодержание 9000 ккал/м<sup>3</sup>, а не 7900 ккал/м<sup>3</sup> как у нас, другими словами, указанный агрегат фирмы «Акрон» потребляет по европейским меркам 980 м<sup>3</sup> природного газа на тонну аммиака. Это очень впечатляющий показатель, которым может похвастаться не любой западный производитель аммиака. По мнению некоторых аналитиков, указанный положительный результат следует полностью отнести к модернизации агрегата по проекту ТЭС. Позволю себе не согласиться с указанным утверждением. Во-первых, предусмотренные проектом мероприятия в принципе не могут дать столь впечатляющего снижения энергопотребления. Во-вторых, модернизация аналогичных агрегатов аммиака в Новомосковске и Северодонецке с использованием того же проекта не привела к сколько-нибудь заметному

снижению энергопотребления. Указанный положительный результат на предприятии «Акрон» был достигнут в результате непрерывной череды мелких модернизаций (включая и проект модернизации фирмы ТЕС) в сочетании с организационными мероприятиями, т.е. в сочетании с высоким уровнем менеджмента и профессионализмом исполнителей.

**Расход природного газа на агрегатах аммиака в России в 2004 г.)**



**Рис. 2. Расход природного газа в 2004 году на различных типах крупных агрегатов**

И все же средний по России фактический показатель расхода природного газа превышает проектный показатель агрегата ГИАП образца 1976 г (рис. 2). И это при том, что энергоемкость указанного агрегата превышает показатель современного энергосберегающего агрегата, грубо говоря, в полтора раза (рис. 3).

**«Джамбо» или «мега» агрегаты аммиака**

Как полагают эксперты, современные, построенные в течение последних двух десятилетий во многих странах мира энергосберегающие агрегаты аммиака, уже достигли минимальных показателей энергозатрат на тонну аммиака (6,5 — 7,5 Гкал), поэтому разработки в направлении дальнейшего снижения энергоемкости не имеют смысла. Единственным способом снижения издержек производства на единицу продукции является увеличение единичной мощности агрегатов. Это позволяет снизить удельные капитальные затраты, а следовательно, и условно-постоянные расходы на 20-30%. Эти, так называемые

«джамбо» или «мега» технологические процессы, позволяют создавать агрегаты единичной мощностью 1 млн т в год и более аммиака.

### Энергопотребление на действующих в России (проектные показатели) и современных энергосберегающих агрегатах аммиака, Гкал/т

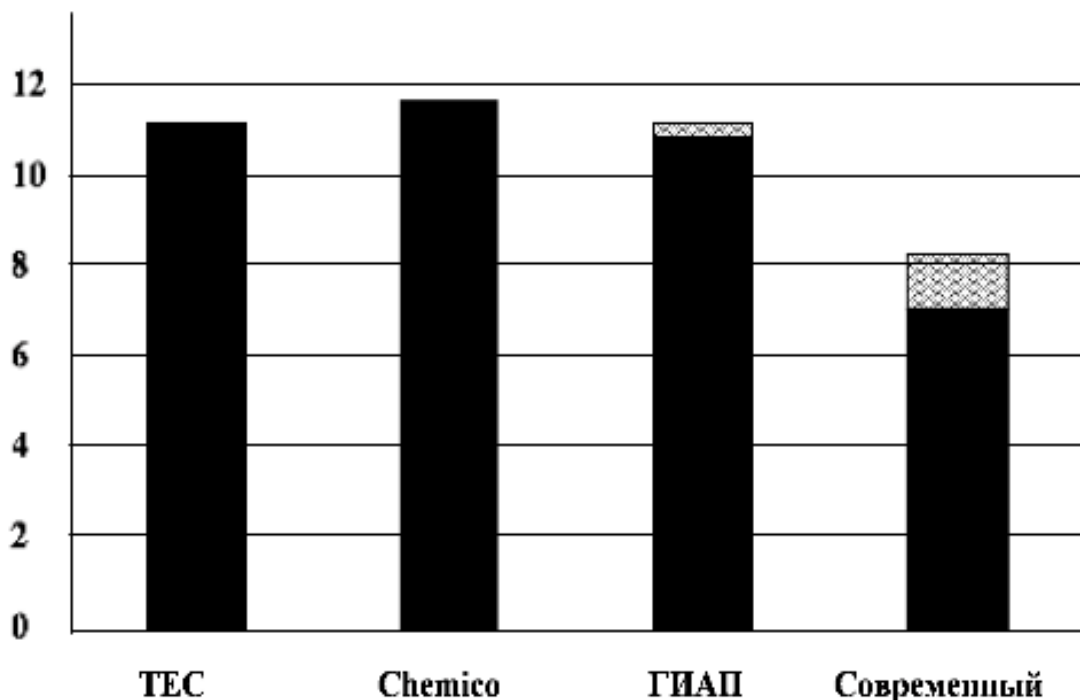


Рис. 3. Показатели энергопотребления действующих в России и современных энергосберегающих агрегатов

Так, например, фирмы Lurgi и Ammonia Casale предлагают концепцию технологического процесса, позволяющего значительно увеличить мощность аммиачной установки на основе существующих технологий с использованием стандартного оборудования.

Производительность предлагаемого агрегата может достигать 4000-5000 т/сутки или даже больше, в то время как мощность ныне существующих агрегатов не превышает 2100 т/сутки. Предлагаемый технологический процесс включает следующие стадии:

- разделение воздуха;
- частичное каталитическое кислородное окисление метана под давлением 60 бар;
- конверсия CO;
- удаление CO<sub>2</sub> методом Ieciso1;
- промывка синтез-газа жидким азотом;
- синтез аммиака на железном катализаторе под давлением 200 бар.

Технология, используемая в предлагаемом процессе, является типичной



для многих действующих установок аммиака, использующих в качестве сырья уголь или продукты нефтепереработки, другими словами, достаточно хорошо проверена. Расход энергии — 27-29 ГДж на тонну аммиака, т.е. в пределах показателей действующих энергосберегающих агрегатов.

Более революционный технологический процесс предлагает компания Kellogg Brown Root & Inc. (KBR)

Этот процесс также рассчитан на создание агрегатов аммиака мощностью 4000 -5000 т/сутки  $\text{NH}_3$ . Предлагают две альтернативные схемы осуществления процесса.

Схема 1 включает:

- первичный риформинг природного газа;
- вторичный риформинг с использованием избыточного количества воздуха;
- конверсия CO и очистка от  $\text{CO}_2$
- метанирование и осушка;
- промывка жидким азотом и удаление из синтез - газа избыточного количества азота (Purifier);
- Компримирование синтез - газа;
- Синтез аммиака на рутениевом катализаторе под давлением 90 бар.

Схема 2 включает:

- первичный риформинг в трубчатом теплообменнике с использованием для обогрева горячих газов вторичного риформинга по схеме «тандем» (KRES);
- вторичный риформинг с использованием избыточного количества воздуха;
- конверсия CO и очистка от  $\text{CO}_2$ ;
- метанирование и осушка;
- промывка жидким азотом и удаление из синтез - газа избыточного количества азота (Purifier);
- компримирование синтез - газа;
- синтез аммиака на рутениевом катализаторе под давлением 90 бар.

Компания считает, что использование *схемы 1* для первых «мега» агрегатов является менее рискованным. Однако в перспективе использование *схемы 2* (т.е. с тандемом на стадии риформинга) является более предпочтительным, т.к. она экономит капиталовложения, расходы на содержание оборудования и легче в эксплуатации.

Все стадии предлагаемых схем были испытаны в промышленном масштабе. Размеры оборудования не выходят за промышленно осуществимые

пределы изготовления, не требуют принципиально нового машинного оборудования. Стоимость оборудования для одного агрегата мощностью 4000 т/сутки несколько выше, чем для одного агрегата мощностью 2000 т/сутки. Она лишь немногим превышает половину суммарной стоимости двух агрегатов мощностью 2000 т/сутки.

Промышленность по производству аммиака уже положительно отреагировала на разработку «мега» агрегатов аммиака. Так, в Саудовской Аравии на площадке фирмы Uhde в стадии строительства находится агрегат аммиака с использованием технологии фирмы SAFCO мощностью 1,09 млн т продукта. Ввод в эксплуатацию — 2006 год. Часть этого аммиака будет перерабатываться на вводимом в том же году агрегате карбамида мощностью 1,07 млн т продукта в физическом весе. Фирма AFCCO в Египте и некоторые другие компании также рассматривают возможность строительства аналогичных агрегатов аммиака.

### **Технический прогресс в производстве твердых одинарных азотных удобрений**

#### **Переход от производства приллированных удобрений к производству гранулированных удобрений**

В данной главе мы ограничимся производством только карбамида, как наиболее популярного азотного продукта на международном рынке. Если мы намереваемся завоевать достойную нишу на североамериканском и западноевропейском рынках карбамида, то нам следует принять меры по переоборудованию, по крайней мере, части наших мощностей на производство гранулированного карбамида. Достаточно сказать, что доля гранулированного продукта в общем тоннаже импортируемого в США карбамида составляет 90%. Растет спрос на гранулированный карбамид и в Западной Европе, который становится все более популярным и в ряде развивающихся стран.

Представляет интерес рассмотреть состояние с мощностями приллированного и гранулированного карбамида в отдельных регионах мира (табл. 3). Как видим из табл. 3, уже сегодня в целом в мире около 30% мощностей предназначено для производства гранулированного карбамида. В России нет ни одной установки, производящей этот перспективный продукт. В Северной Америке свыше 80% мощностей предназначено для производства гранулированного продукта. Следует учитывать, что в США многие установки могут производить как твердый продукт, так и азотные растворы, например, растворы КАС. Так что не обязательно остальные 20% мощностей производят приллированный продукт. В Западной Европе доля мощностей гранулированного продукта значительно меньше (27,2%), так как сельское хозяйство этого региона

со значительной задержкой оценило преимущества сухого тукосмешения. Весьма низка доля мощностей гранулированного продукта в Азии (12,4%), но и там спрос на него растет. Весьма высока доля мощностей гранулированного карбамида в странах Карибского региона (89,4%) и на Ближнем Востоке (46,9%). В этом нет ничего удивительного, так как эти регионы ориентированы на экспорт, ассортимент их продукции должен чутко реагировать на требования основных клиентов международного рынка удобрений.

**Таблица 3**

**Мощности по производству приллированного и гранулированного карбамида, действующие в 2004 году, а также ввод новых мощностей в 2005-2009 гг**

	2004 год				2005 - 2009 г.г.			
	приллированный		гранулированный		приллированный		гранулированный	
	тыс.т/год	%	тыс.т/год	%	тыс.т/год	%	тыс.т/год	%
Западная Европа	1631	72,8	608	27,2	-	-	-	-
Центральная Европа (бывшие соцстраны)	2525	100,0	-	-	-	-	-	-
Бывший СССР	5082	99,0	47		368	69,0	162	31,0
в т.ч. Туркмения	-	-	-	-	185	53,3	162	46,7
Северная Америка	875	18,7	3799	81,3	-	-	-	-
Латинская Америка	1004	40,8	1454	59,2	-	-	-	-
в т.ч. Венесуэла								
плюс Тринидад	114	10,6	961	89,4	-	-	-	-
Африка	-	-	-	-	334	100,0	-	-
Ближний Восток	3608	53,1	3189	46,9	-	-	3989	100,0
Азия	15653	87,6	2206	12,4	748	100,0	-	-
Социалистическая Азия*)	6089	66,4	3084	33,6	892	37,4	1490	62,6
Океания	-	-	219	100,0	-	-	-	-
Весь мир*1	36469	71,4	14606	28,6	2302	29,0	5641	71,0
За вычетом мелких и средних установок Китая								

В 2005-2009 гг в мире осуществлялось строительство в основном мощностей, производящих гранулированные удобрения (их доля в общем приросте составит свыше 70%). Мощности по производству приллированного продукта будут вводиться в бывшем СССР (Украина и Туркмения), Африке, Азии, Социалистической Азии. Кстати, в Социалистической Азии только 1/3 вновь вводимых мощностей будет

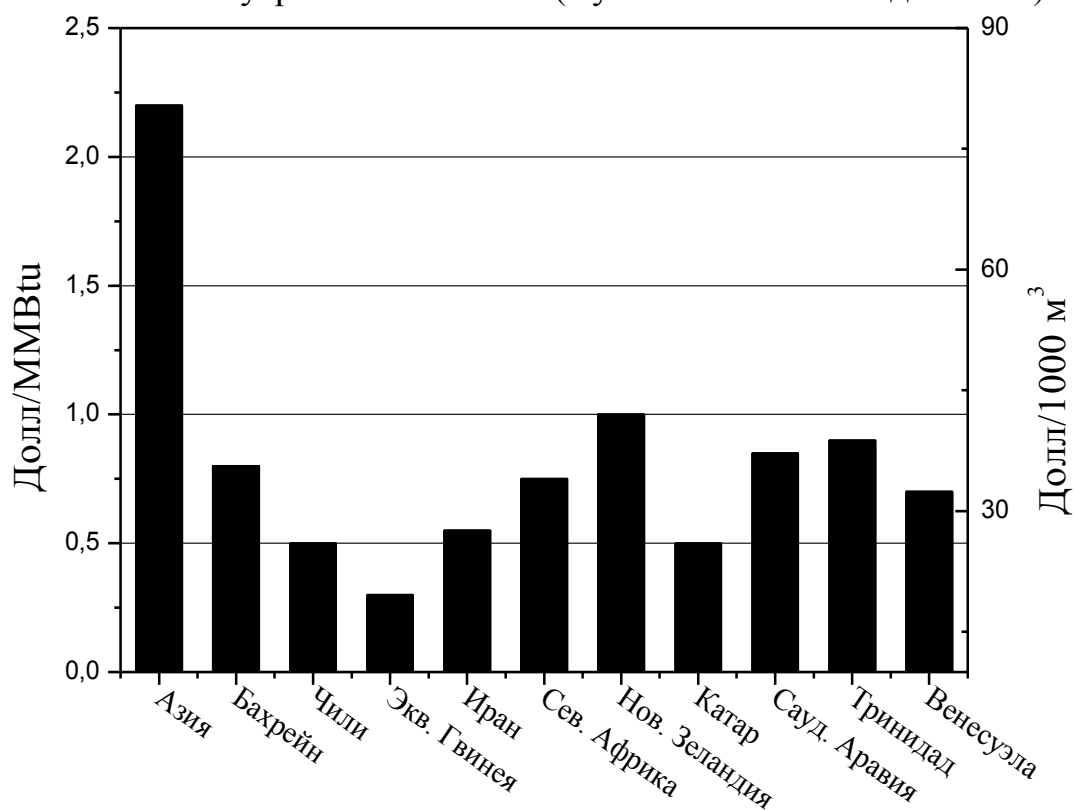
производить приллированный продукт и 2/3 мощностей – гранулированный продукт. На Ближнем Востоке все вводимые в ближайшие пять лет мощности будут производить только гранулированный продукт. Из крупных экспортеров карбамида только Россия и Украина не располагают мощностями по производству гранулированного карбамида и не предпринимают серьезных шагов по созданию таких мощностей в обозримом будущем.

Следует ли рассматривать вышеизложенное как рекомендацию незамедлительно приступить к корневой модернизации всех наших азотных предприятий? Вовсе нет. Модернизация (тем более коренная) оправдана, если она окупается в приемлемые сроки. А для этого нам необходимо разобраться с перспективами внутреннего и международного рынков удобрений, а также с перспективой российских экспортеров аммиака и удобрений на международном рынке. К сожалению, в рамках одной статьи это неосуществимо. Поэтому ограничимся некоторыми рассуждениями общего характера.

***Внутренний рынок азотных удобрений.*** Заявления наших ученых-аграриев о том, что потребность нашего сельского хозяйства составляет то ли 15, то ли 25 млн т удобрений (в питательном веществе), так же как бодрые прогнозы правительства о грядущем повышении спроса на удобрения в разы – из области фантастики. Хиреющему сельскому хозяйству, при поощрении со стороны правительства импорта продукции сельского хозяйства, особенно мяса, много удобрений не нужно. Видимо следует согласиться с прогнозом ФАО о том, что в странах бывшего СССР прирост спроса на удобрения до 2020 года если и будет, то ничтожный. То есть. и в 2020 году реальный спрос нашего сельского хозяйства будет составлять порядка 1,5 - 2,0 млн т, в том числе на азотные удобрения – 0,8 - 1,2 млн т. Более того, в обозримой перспективе, видимо, следует ожидать снижение спроса в связи с ожидаемым ростом издержек производства аммиака и удобрений (и цен на них), а также издержек доставки их в хозяйства в результате ожидаемой либерализации цен на природный газ.

***Международный рынок аммиака и азотных удобрений.*** Если постановление правительства о либерализации цен на природный газ в России для промышленных потребителей будет утверждено в этом году, то, как полагают эксперты, в 2006 году цены на природный газ могут подскочили в 1,5-2,0 раза. Сегодня цена природного газа в центре европейской части России составляет 40 долларов за 1000 м<sup>3</sup>. Следовательно, после либерализации она может составить 60-80 долларов за 1000 м<sup>3</sup>. Это означает, что мы выбываем из числа стран с дешевым природным газом (см. рис. 4) и приближаемся к странам с дорогой ценой природного газа (см. рис. 5). Напомним нашим читателям, что основными нашими конкурентами на международных рынках аммиака и

азотных удобрений являются страны с дешевым природным газом (Тринидад и Тобаго, Венесуэла, Ближний Восток, Индонезия). Напомним также, что как только в середине 90-х годов прошлого столетия цена природного газа в России подошла к уровню 50 долларов за 1000 м<sup>3</sup>, все наши азотные предприятия стали практически банкротами (т.е. убыточными). Тогда нас спас дефолт 1998 года и последовавшая за ним девальвация рубля. Зачем мы сейчас соглашаемся наступить на те же грабли? Конечно, апологеты либерализации цены природного газа станут нас уверять, что цена на газ взлетит не так уж сразу, что диктат «Газпрома» в первые пару лет будет как-то ограничен. Но ведь он не сегодня, так завтра, как только рынок газа будет полностью либерализован, будет стремиться к тем же 80 долларам (или выше), т.е. к «равновыгодной» цене для внешних и внутренних клиентов (с учетом стоимости доставки).

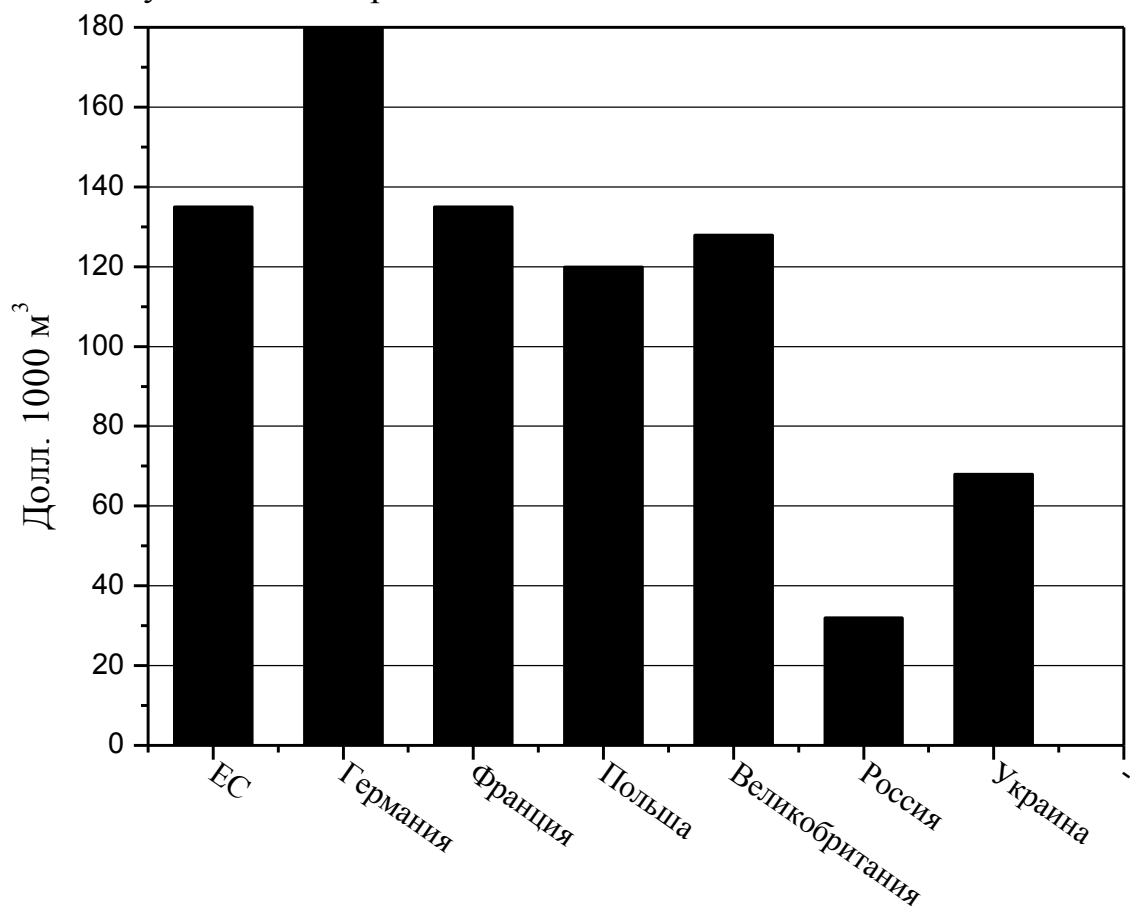


**Рис. 4. Цена природного газа в регионах мира**

Если бы наши предприятия находились рядом с удобными морскими портами и располагали самой современной энергосберегающей технологией, то они могли бы и при рыночных ценах на газ успешно конкурировать с западноевропейскими производителями удобрений на их же рынках. Но ведь в реальности ситуация совсем другая. Стоит ли вкладывать средства в коренную модернизацию предприятий, расположенных на расстоянии 1000 и более километров от удобных морских портов — вопрос, требующий серьезнейших экономических исследований и прогнозов. Сегодня очень высока конъюнктура

на мировом рынке аммиака и удобрений. Но, как мы знаем из истории, за высокой конъюнктурой не обязательно следует еще более высокая. Длительный рост цен сменяется их обвалом.

Похоже, что мы вступаем в новую, очень тяжелую эпоху в истории российской азотной промышленности — эпоху приспособления к настоящим рыночным условиям и борьбы за выживание.



**Рис. 5. Цена газа в Европе**

Рано или поздно экономика России вынуждена будет перейти на рыночные цены на природный газ. В равной мере это относится и к азотной промышленности. Но промышленность, которая создавалась (и, соответственно, размещалась) для удовлетворения потребностей внутреннего рынка такой огромной страны как Россия, не может в полной мере оставаться конкурентоспособной на внешнем рынке при переходе на рыночные цены природного газа и электроэнергии.

Ассоциацией производителей удобрений России была разработана программа по увеличению поставок минеральных удобрений на внутренний рынок в 2004-2007 гг. В соответствии с этой программой поставки удобрений отечественному сельскому хозяйству увеличились в указанный период в полтора-два раза. Все это очень здорово. Но вот беда: составители программы

забыли спросить у нищающего крестьянина, собирается ли он увеличить закупки удобрений. И кто заплатит за эти удобрения? К тому же эта программа не решает проблему загрузки мощностей предприятий в случае потери ими конкурентоспособности на внешнем рынке. Естественно, что осуществлять дорогостоящую коренную модернизацию предприятий, которые через два-три года обречены стать банкротами, бессмысленно.

Где же выход? Выход видится в более активной позиции владельцев и администрации предприятий в дискуссиях с правительством. Прежде всего, не следует ставить знак равенства между рыночной и бессмысленной экономикой. Закрывание половины предприятий отрасли не только обеспечит головную боль региональной администрации и правительству страны (что делать с образующейся армией безработных? Ведь новых рабочих мест у нас практически не создается). Это также заметная потеря добавленной стоимости валового национального продукта, а следовательно, и доходов в казну. Кроме того, и в сугубо рыночных странах используются методы удешевления природного газа для предприятий азотной промышленности. Так, в США в цене природного газа учитывается то обстоятельство, что потребление природного газа со стороны азотных предприятий почти равномерно в течение года. Следовательно, расходы, связанные со строительством и эксплуатацией огромных сезонных хранилищ природного газа относятся на сезонных потребителей, удешевляя тем самым природный газ для азотчиков. Выигрывают азотчики, как крупные потребители, и на заключении прямых контрактов с производителями природного газа. В Нидерландах (да и в других странах Западной Европы) в цене природного газа учитывается, что азотчики, в отличие от тепловых электростанций и парокотельных, используют  $\text{CO}_2$  для производства карбамида, а не загрязняют им атмосферу. Не мешало бы также попросить у правительства (у нас ведь принято только просить, а не требовать) гарантий трудоустройства работников, освобождающихся при закрытии принципиально неконкурентоспособных предприятий, т.е. создания для них новых рабочих мест. А это дело весьма затратное.

Есть, видимо, и другие веские основания для того, чтобы правительство весьма взвешенно подошло к проблеме либерализации цен на природный газ для азотчиков. Но для этого нужно провести серьезную разъяснительную работу с теми, кто принимает решения. Правительство должно осознать, что увеличение прибыли газовиков может обернуться гораздо большими потерями в целом для экономики страны. При этом не следует забывать, что уже сегодняшние (регулируемые) внутренние цены на природный газ для промышленности являются весьма прибыльными для газовиков.

Ну а как насчет самых современных Мега агрегатов аммиака и карбамида? Их хоть сегодня можно строить в удобных для экспорта точках. Дело за инвесторами. К сожалению, таких удобных площадок в России не много. Что же касается мощностей уже созданных вдали от морских портов, то их с избытком достаточно для удовлетворения внутренних потребностей страны в удобрениях в обозримой перспективе. Прибыльное их использование для экспорта продукции после вступления в ВТО дело не из легких, как бы мы их не модернизировали и как бы не повышали производительность труда.

#### **1.4. Современные тенденции в производстве метанола**

Впервые метанол был найден в древесном спирте в 1661 г., но лишь в 1834 г. был выделен из продуктов сухой перегонки древесины Думасом и Пелиготом. В это же время была установлена его химическая формула.

До промышленного освоения каталитического способа метанол получали в основном сухой перегонкой древесины. Метанол, полученный этим способом, был загрязнен ацетоном и другими трудноотделимыми примесями. В настоящее время этот метод получения метанола практически не имеет промышленного значения.

Способ, основанный на сухой перегонке древесины, до 1913 года оставался единственным освоенным процессом получения метанола, а в 1913 г. был разработан синтетический способ получения метанола из окиси углерода и водорода на цинк-хромовом катализаторе при давлении 250—350 кгс/см<sup>2</sup>. Позднее, в 1923 г. этот процесс был осуществлен в Германии в промышленном масштабе и в дальнейшем интенсивно развивался и совершенствовался.

История развития отечественного промышленного синтеза метанола началась в 1934 г. на двух небольших агрегатах Новомосковского химического комбината совокупной мощностью около 30 тонн в сутки при давлении 25 МПа на Zn-Cr катализаторе.

В соответствии с Директивами XXIV съезда КПСС об ускоренном развитии химической промышленности и расширении ассортимента химической продукции производство метанола росло бурными темпами. Выпуск метанола за указанный период значительно превышал темпы роста производства многих продуктов химической промышленности. Увеличение выпуска метанола проводилось путем интенсификации процесса, за счет расширения существующих и строительства новых производств.

Каталитический синтез метанола из оксида углерода и водорода в настоящее время является практически единственным промышленным методом



получения метанола, а все используемые в настоящее время процессы отличаются друг от друга вариантами технологических схем, целью которых является достижение максимальной эффективности использования ресурсов.

Поиски других способов синтеза метанола продолжают до сих пор, однако ощутимых результатов они пока не дали. Одним из таких направлений можно назвать прямое окисление метана, однако для экономической целесообразности этого процесса, доля метана, превращающегося в метанол, должна превышать по крайней мере 77%. Этот показатель достигался далеко не всегда, и сколь бы то ни было значимого промышленного применения он пока не нашел.

### **Современные технологические тенденции**

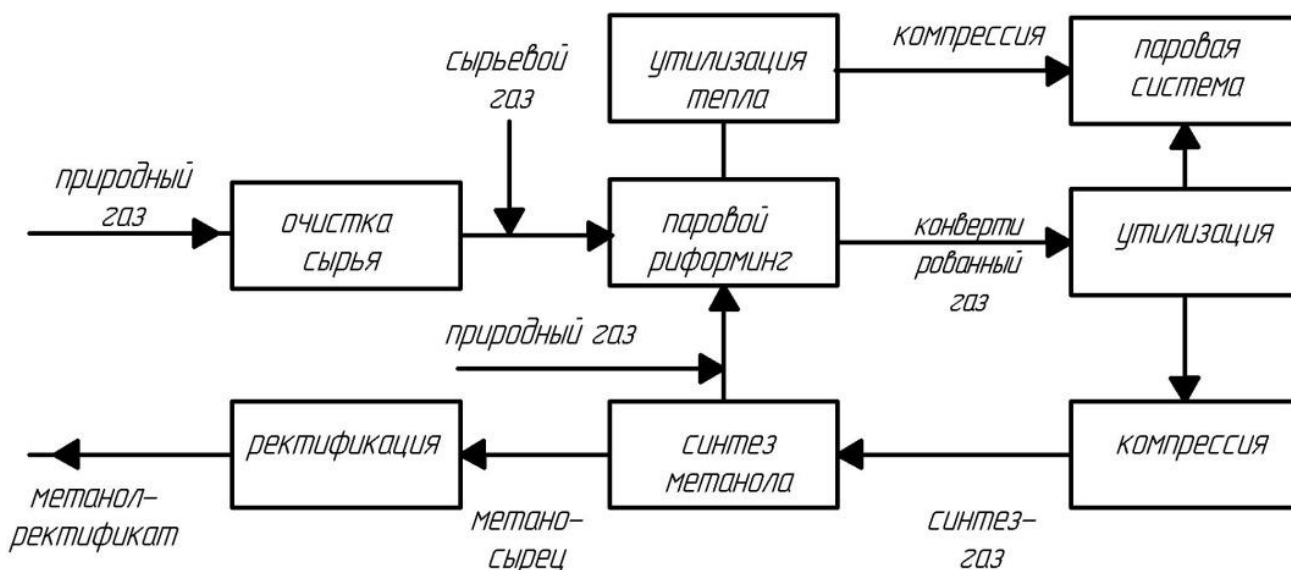
Каталитический синтез метанола из оксида углерода и водорода является единственным промышленно значимым способом получения метанола. В качестве сырья в настоящее время во всех (или почти во всех) случаях выступает природный газ, однако, могли бы использоваться и другие виды водородосодержащего сырья – это коксующийся уголь, отходы нефтепереработки, газы производства ацетиленом пиролизом природного газа и др.

Сам процесс производства метанола можно разделить на три этапа.

1. На первом этапе проводится очистка газа от серы. Этот процесс называют гидродесульфуризацией. За ним следует поглощение выделившегося при гидродесульфуризации сероводорода цинковыми поглотителями. Очистка от серы необходима, т.к. сера является ядом для никелевых катализаторов конверсии природного газа.
2. На втором этапе осуществляется конверсия природного газа в синтез-газ (в основном паровая или пароуглекислотная). После охлаждения и конденсации водяных паров газ компримируют.
3. На третьем этапе осуществляется каталитический синтез метанола. Газ на выходе из реактора содержит 3-5%  $\text{CH}_3\text{OH}$ , затем его охлаждают и конденсируют продукты реакции, а оставшийся газ смешивают с исходным и направляют снова в реактор. Получаемый метанол-сырец содержит также воду (не более 9%), этанол, пропанол, бутиловые и амиловые спирты, диметиловый эфир и др.
4. Если метанол-сырец не является товарным продуктом, то его подвергают ректификации, на первом этапе отделяя легколетучие фракции, на втором – воду и высококипящих элементов. Обычно содержание воды в товарном метаноле не превышает 0,08%.

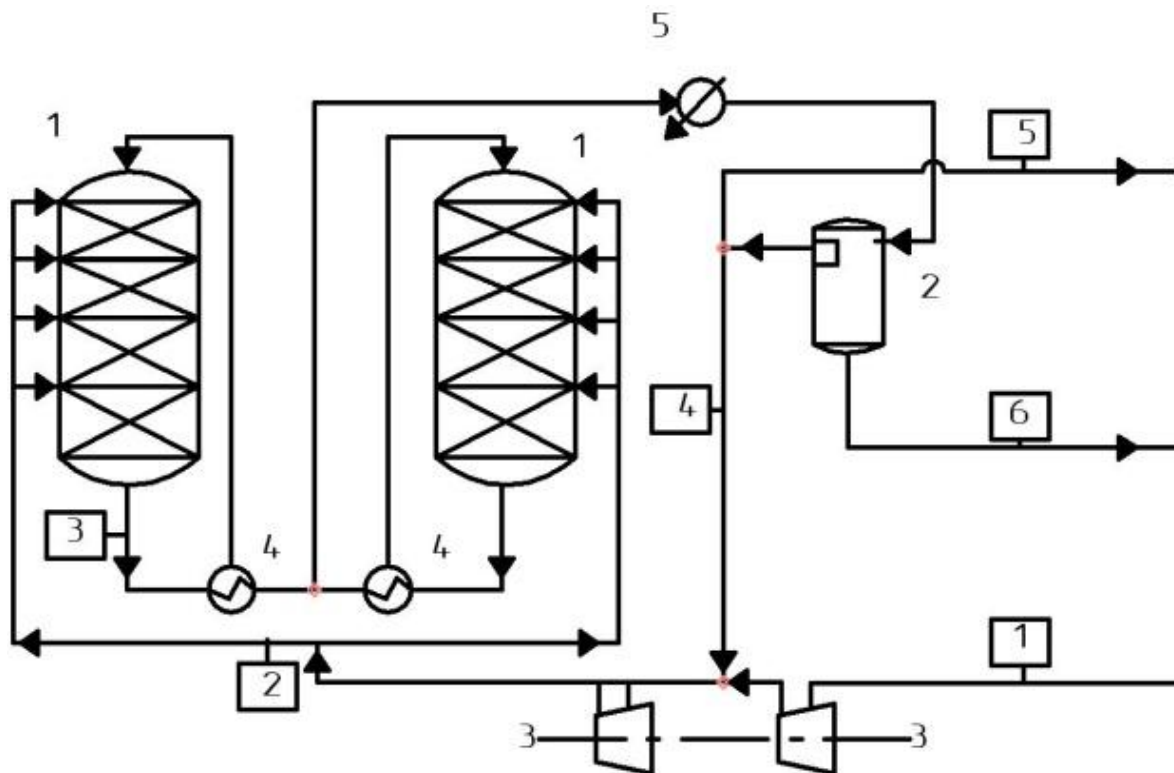
Перечисленные стадии применимы ко всем (почти ко всем) типам производств, и общая схема процесса верна вне зависимости от технологических решений.

На рис. 6 представлена классическая схема производства метанола.



**Рис. 6. Классическая схема производства метанола (Евразийский химический рынок)**

Представленная схема является классической. Технологическая схема реакторного блока синтеза метанола М-750, которая в частности установлена в Томске, выглядит следующим образом (рис.7):



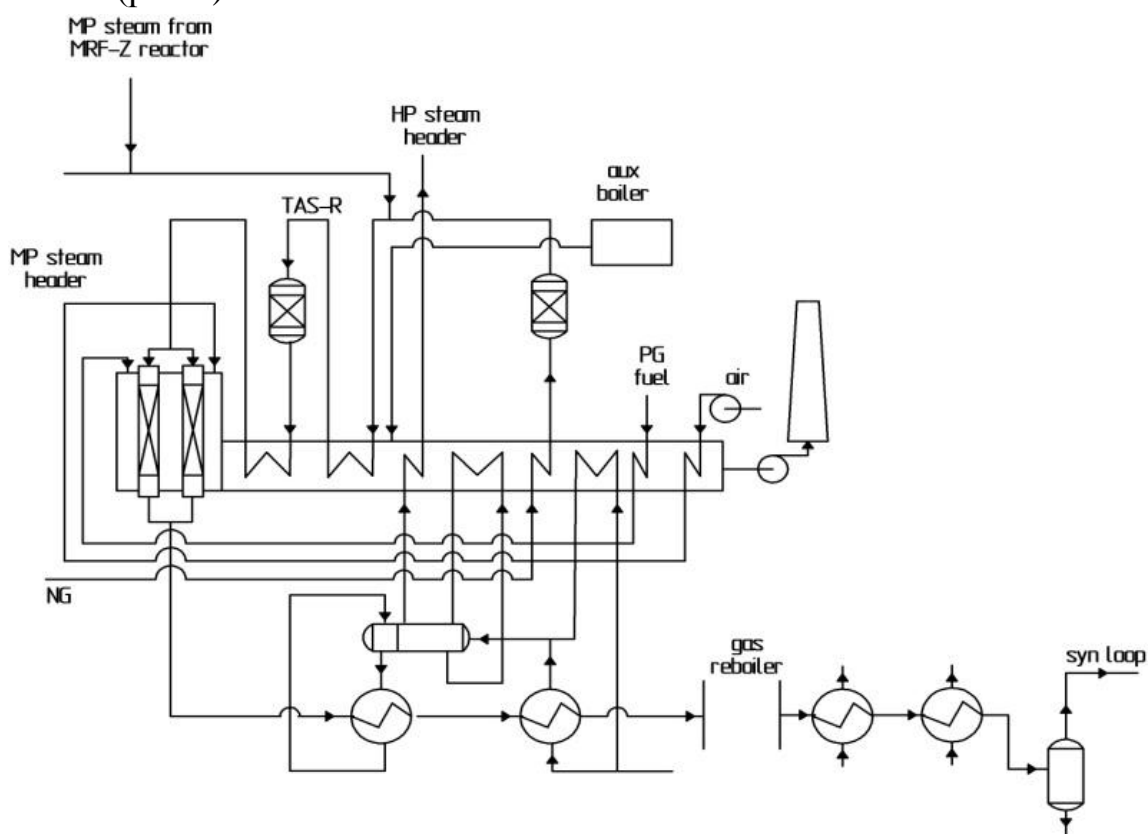
**Рис. 7. Технологическая схема реакторного блока синтеза метанола М-750**  
 1 - реактор синтеза метанола, 2 – сепаратор метанола-сырца, 3 - компрессор,  
 4- recuperационные теплообменники, 5 – конденсатор метанола-сырца.

Рассмотрим технологические решения, предлагаемые основными мировыми лицензиаторами метанольных производств.

Одной из главных мировых тенденций в производстве метанола является переход на мега-установки, которые в большом количестве стали строиться в период 1990-2006 гг. За это время на Ближнем Востоке и в Латинской Америке появились 22 новых завода суммарной мощностью почти 20 млн т метанола в год. Мощность установок увеличилась с 1500 т в сутки до 5000 т.

Одним из примеров такого рода производств служит завод в Тринидаде, построенный One Synergy Alliance (Johnson Matthey Catalysts and Davy Process Technology). На заводе действует установка M5000 и используется традиционный паровой риформинг метана.

Метод повышения производительности установки парового риформинга без увеличения ее размеров заключается в использовании установки предриформинга. Это хорошо отработанная технология, впервые примененная компанией British Gas под названием процесса «Каталитического обогащения газа» при производстве бытового газа из лигроина в 1960-х гг. В компании Тоуо Engineering создали схему «TAS –R», позволяющую увеличить силу реакции парового риформинга в адиабатических условиях с помощью разделения предриформера на два реактора и возврата технологического газа в конвекционную зону установки для промежуточного дополнительного нагревания (рис.8).



**Рис. 8. Схема синтеза метанола «tas –r», разработанная toyo engineering**

Из-за очень большого размера традиционных установок парового риформинга на мега-заводах были предприняты попытки найти им альтернативу. Компания One Synergy предложила альтернативную установку, известную как «Compact Reformer» («Компактный Риформер»), в которой теплота сгорания подается к каталитической трубе конвекцией, а не излучением. Она представляет собой вертикальный теплообменник, установленный на верху камеры сгорания.

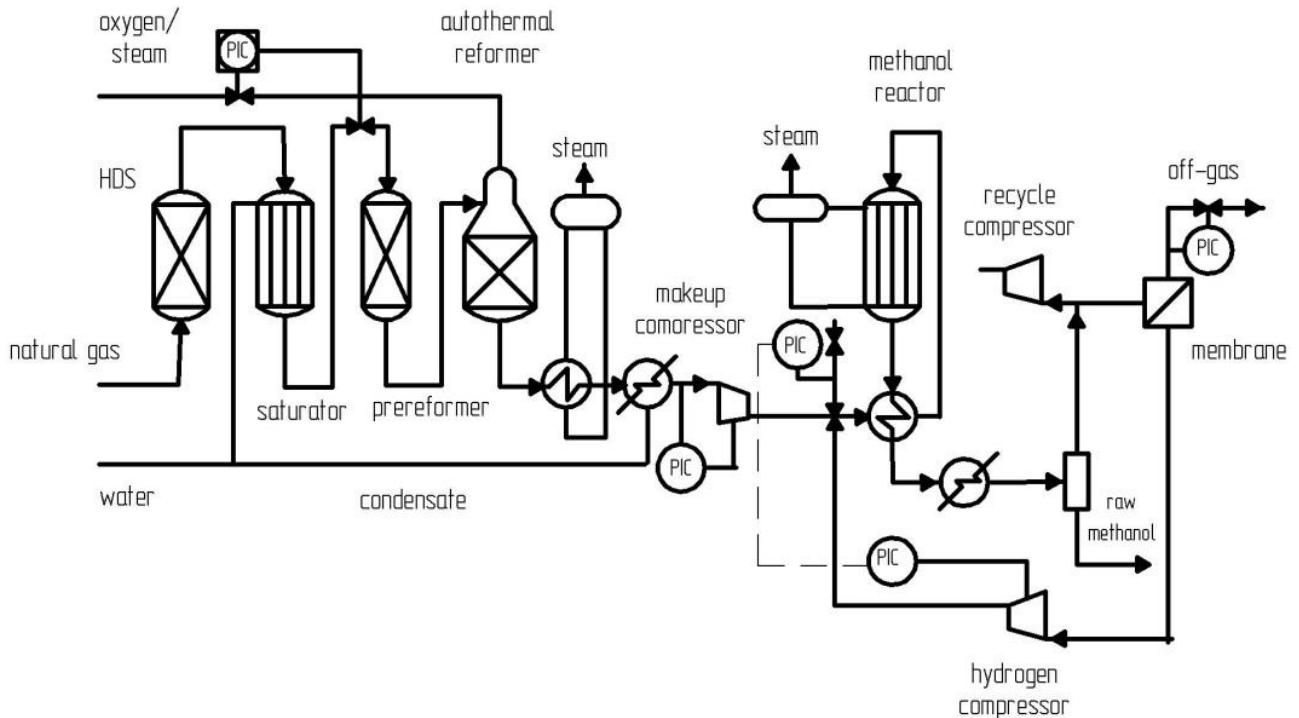
Некоторые лицензиаторы предлагают автотермический риформинг, в котором теплота обеспечивается за счет сгорания части технологического газа в адиабатическом реакторе вместо внешнего сжигания. АТР может действовать при более высоком давлении, чем обычная печь, что позволяет экономить на необходимости компрессии на следующих этапах процесса.

На рис.9 показан процесс производства метанола по Haldor Topsøe на основе АТР. В этой технологической схеме также используется пред-риформер. Процесс включает в себя следующие основные этапы: поступающий природный газ десульфурится и насыщается паром. Затем технологический газ подвергается предриформингу и повторному нагреванию до 650°C в печи прямого нагрева. Эта температура имеет большое значение, т.к. если подать технологический газ в установку АТР при более низкой температуре, потребление кислорода (около 0,6 т на 1 т метанола) увеличится. В установке АТР газ вступает в реакцию с паром и кислородом, в результате чего образуется крайне реактивный синтез-газ. На рис. 10 представлена схема комбинированного риформинга, предложенная фирмой Lurgi.

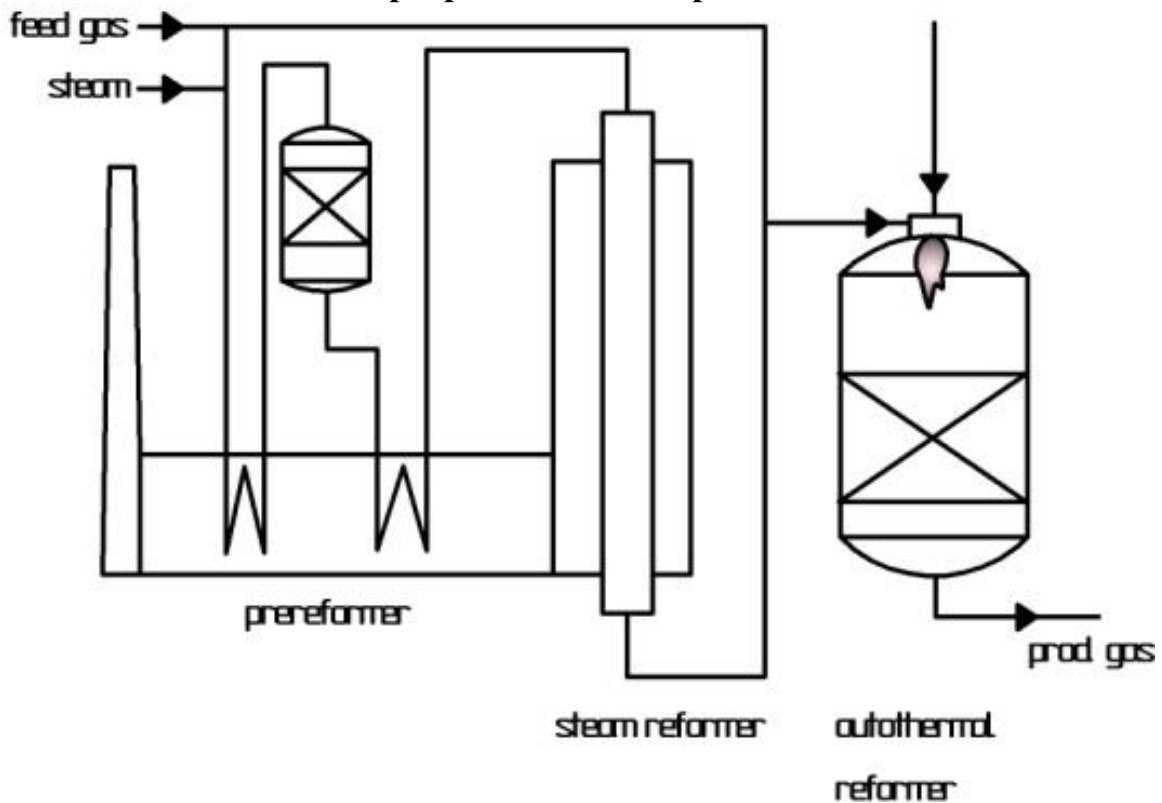
Модернизация реакторного блока также позволяет существенно увеличить производительность завода. В 1970-х гг. были популярны осевые реакторы. Современные реакторы, такие как ARC, разработанный Casale в сотрудничестве с ICI (ныне Johnson Matthey), а также реактор CMD, разработанный Haldor Topsøe, являются оптимизированными многослойными охлаждающими осевыми моделями, созданными для модернизации реакторами первых поколений.

Существуют различные варианты реакторов такого типа. На рис. 11 представлен реактор MRF-Z (Тоуо). В данном случае синтез-газ проникает через верхнюю часть реактора и проходит сквозь решетки вертикальных байонетных водных труб к центральной коллекторной трубе, выходя из сосуда через нижнее отверстие. Как и у всех центробежных реакторов, перепад давления очень низок. Использование байонетных труб позволяет избежать проблем, вызываемых тепловым напряжением, а также делает возможным свободный сток. Осмотр труб в процессе эксплуатации также несложен, поскольку внутренняя труба может выниматься из реактора. Мощность

преобразователя MRF-Z можно увеличивать до очень больших величин (до 10 000 т/день) простым увеличением его высоты. Правда, естественная циркуляция питающей котел воды невозможна при таких масштабах, поэтому придется использовать циркуляционные насосы.



**Рис.9. Схема синтеза метанола на основе автотермического риформинга, разработанная Topsøe**



**Рис. 10. Схема комбинированного риформинга (Lurgi)**

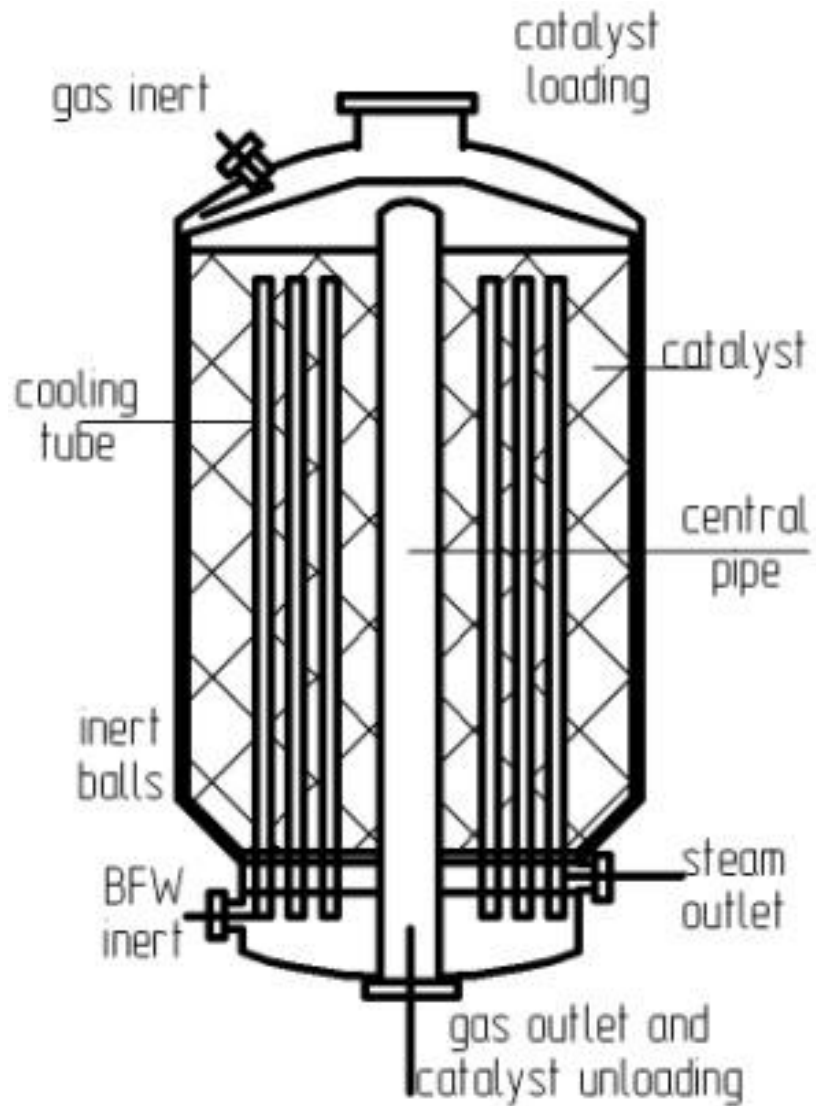


Рис. 11. Реактор синтеза метанола MRF-Z, разработанный Тоюо

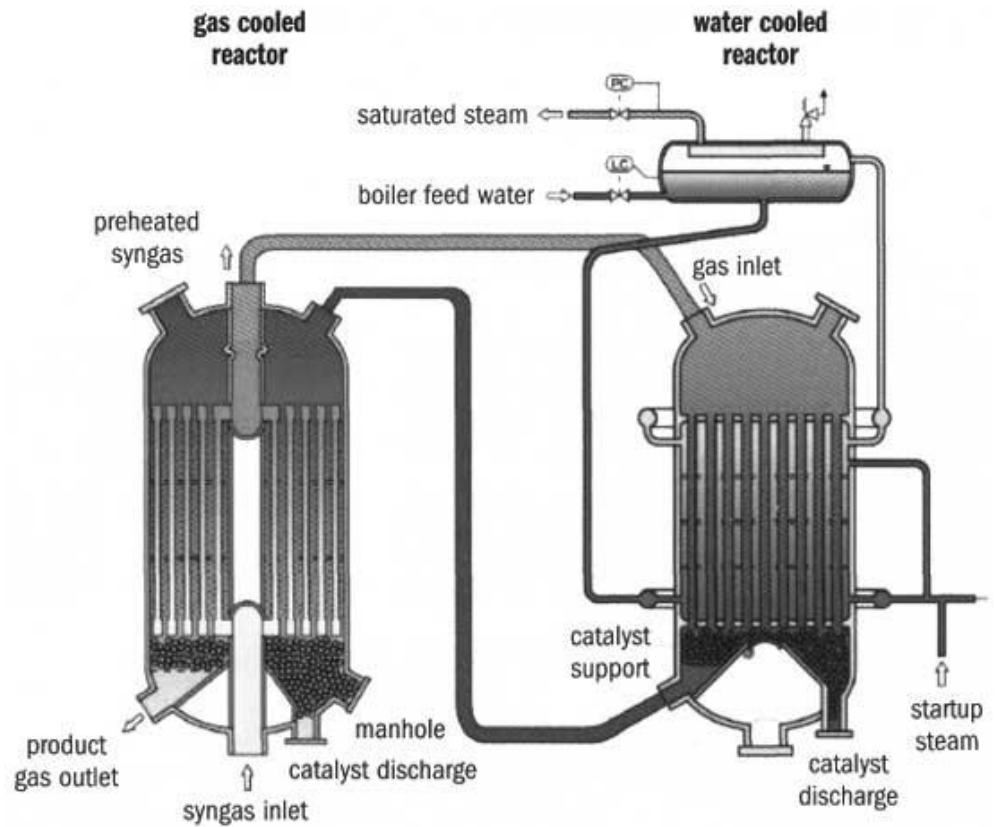


Рис. 12. Каскадная система реакторов для мега-установок (Lurgi)

В реакторе Lurgi с водяным охлаждением катализатор находится внутри труб, а вода – в межтрубном пространстве. Температура процесса контролируется регулировкой давления пара. Для очень крупных заводов компания Lurgi предусмотрела последовательное соединение реактора с водяным охлаждением и газоохлаждаемого реактора (рис.12). Газ подогревается в газоохлаждаемом реакторе, а затем проходит в реактор с водяным охлаждением, где и происходит реакция. Нагретый технологический газ возвращается затем в реактор, охлаждаемый газом, где реакция заканчивается при менее интенсивных условиях.

Компания Methanol Casale, заключившая альянс с известной компанией по конструированию печей для риформинга Foster Wheeler, в начале нынешнего десятилетия представила свой реактор с водяным охлаждением. Коммерческий выпуск идет с 2002 г. Данный реактор отличается от других расположенными по радиусу вместо труб вертикальными пластинами – элементами теплообменника, призванными обеспечивать охлаждение (рис 16). Сообщается, что такое устройство более эффективно и компактно, чем трубное охлаждение, сокращает количество катализатора и, следовательно, размер реактора, необходимого для достижения заданной производительности. Casale продолжили работу над данным типом реактора и недавно выпустили еще два изотермических реактора.

## **РОССИЙСКИЙ РЫНОК МЕТАНОЛА В СВЕТЕ МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ**

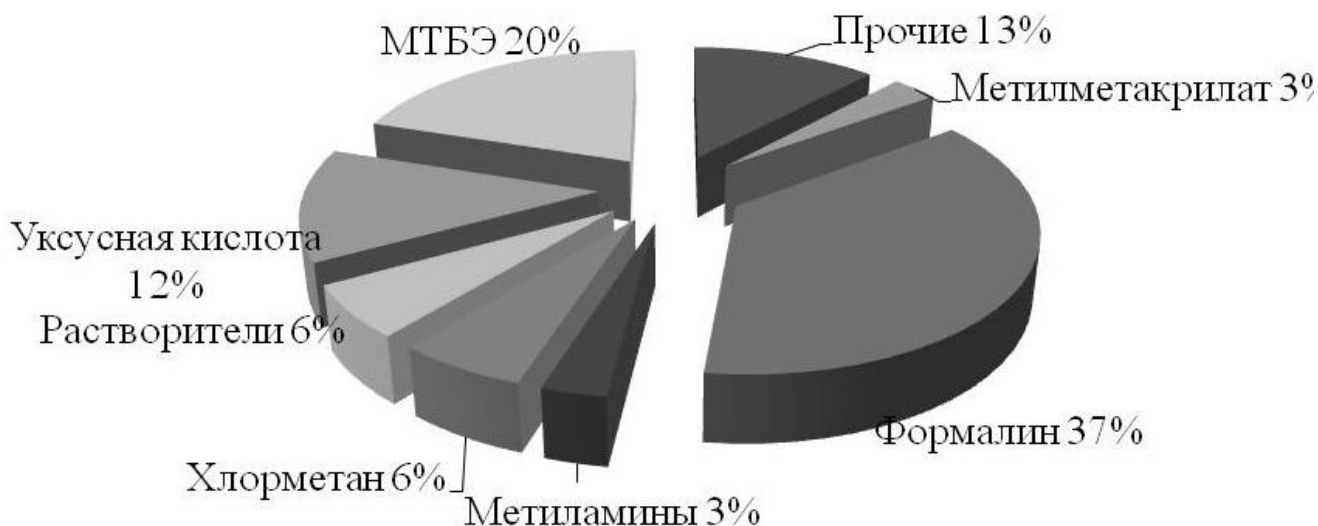
Метанол — один из ключевых продуктов химической промышленности, который является сырьем для получения многих продуктов органического синтеза. Главные сферы применения метанола: производство формальдегида (участвующего в синтезе различных пластмасс) и МТБЭ (высокооктановой добавки к моторному топливу).

Метанол используется в производстве синтетических каучуков, уксусной кислоты, метилметакрилата, пластмасс, растворителей. Крупнейшими потребителями метанола в России являются: ОАО «Нижекамскнефтехим», ООО «Тольяттикаучук» и газодобывающие предприятия ОАО «Газпром», в частности, применяющие метанол как вещество, препятствующее образованию гидратных пробок при добыче и транспортировке газа. Структура потребления метанола в мире по секторам рынка приведена на рис.13 и 14.

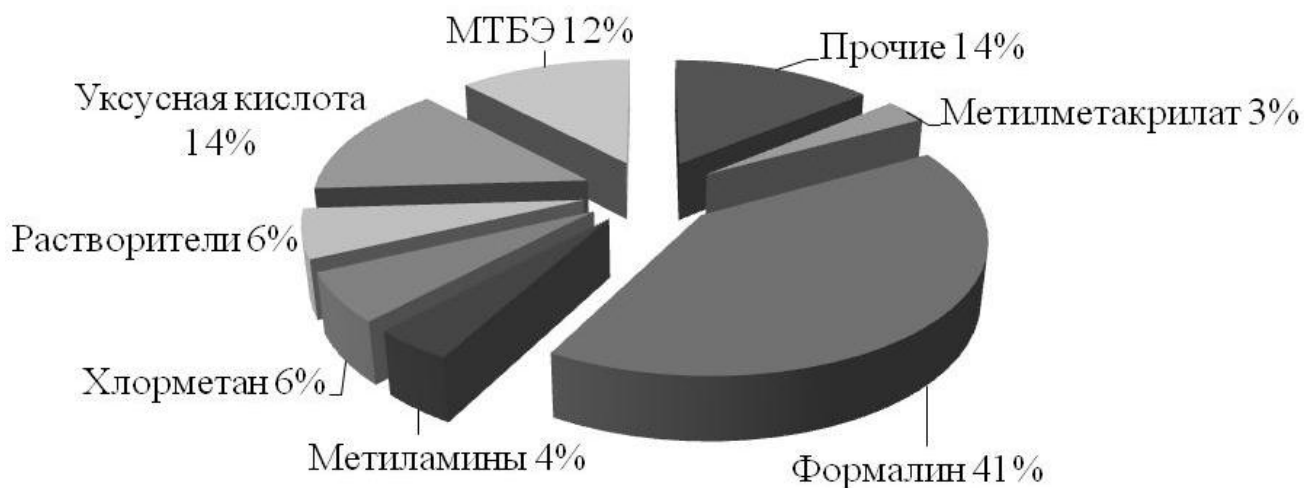
## КОНЬЮНКТУРА МИРОВОГО РЫНКА

В период 1996–2004 гг. на мировом рынке метанола происходили значительные конъюнктурные колебания.

За 1996–2000 гг. производственные мощности увеличились на 25 %, значительно опережая темпы роста потребления, что привело к снижению мировых цен до 80–170 долларов за тонну



**Рис.13. Мировой спрос на метанол по производным соединениям в 2005 г**



**Рис.14. Мировой спроса на метанол по производным соединениям в 2010 г.**

Ситуация радикально изменилась в 2000–2004 гг., когда возобновился рост спроса на метанол, инициированный интенсификацией производства основных производных метанола, в частности формалина. Как результат - резкий рост мировых цен, достигших своего максимума в середине 2003 года. В частности, в Европе цена повышалась до 290 долларов за тонну.



## **ГЕОГРАФИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

Рост спроса на метанол, в частности в Китае, происходил на фоне дальнейшего снижения производственных мощностей в США, где производственные затраты оказались в среднем на 40 % выше, чем в других странах. Мощности по производству метанола в США ежегодно снижаются, что приводит к увеличению импорта. Данная тенденция носит долгосрочный характер. Однако на сегодняшний день США остается и крупнейшим потребителем (30% мирового потребления, около 12 млн т в год), и производителем метанола (25 % мирового производства, около 10 млн т в год).

Китай является вторым ключевым игроком на мировом рынке, потребляя в год более 5 млн тонн метанола. Ожидается, что эта цифра будет ежегодно возрастать на 8 %.

Импорт метанола в Китай уменьшился с 1,8 млн т в 2002 году до 1,4 млн т в 2003 г. и 1,36 млн т в 2004 г. Тенденция к сокращению импорта сохранится, так как китайские производители метанола постоянно расширяют мощности своих заводов.

Однако, поскольку китайские производители метанола традиционно используют в качестве сырья каменноугольный газ, их производство может быть прибыльным только в том случае, если цена на метанол не упадет ниже 140–150 долларов за тонну. Мировой спрос на метанол в 2004 году составил примерно 33,5 млн т, что на 4 % больше, чем в 2003 году. По оценке представителя фирмы Tesnon Orbi Chem, высказанной им на открытии первой международной конференции по метанолу в Шанхае, Китай может в ближайшие годы стать чистым экспортером метанола, если только мировые цены на этот продукт не упадут ниже 140–150 долларов за тонну.

В 2004–2005 гг. произошли существенные объемные и структурные сдвиги в мировом производстве метанола. Помимо роста производственных мощностей на 6 млн тонн, значительно изменилась география производства продукта в пользу латиноамериканских, ближневосточных и азиатских стран, в частности, в декабре 2004 года совместное предприятие Sipchem и Japan Arabia Methanol Company - компания International Methanol Company - начала промышленное производство метанола на своем новом заводе мощностью 1 млн т в год в городе Jubail.

## **НОВЫЕ ПРОЕКТЫ**

Рост производства метанола вызвал некоторое снижение мировых цен в 2004 году до 250–270 долларов, однако, как и прогнозировалось, это были краткосрочные изменения, т. к. на сегодняшний день спрос на метанол растет более быстрыми темпами, чем увеличение мощностей по его производству.

В настоящее время объемы мирового производства метанола приближаются к 40 млн т в год. В следующие пять лет в строй будет введено новых мощностей более чем на 18 млн т. Основную их часть планируется построить в Южной Америке, странах Ближнего Востока, Азии. Эти регионы станут крупнейшими центрами мирового производства и промышленных поставок метанола. Тем временем, рост спроса на метанол составит 5 млн т в год. Помимо существующих планов строительства новых мощностей возможно и крупномасштабное совершенствование действующих производств, прежде всего в Северной Америке и Европе. Но существующих мощностей в этих регионах далеко не достаточно, чтобы удовлетворить рыночный спрос в ожидании пуска новых предприятий. Поэтому большая нагрузка ляжет на действующие предприятия Центральной Европы, стран СНГ, Индии, Юго-Восточной и Северо-Восточной Азии.

В ближайшие годы планируется строительство ряда крупнотоннажных производств метанола по всему миру. Государственные компании Oman Oil Co. (Оман) и Mubadala Development Co. (Объединенные Арабские Эмираты) заключили соглашение о совместной реализации проекта строительства завода метанола в городе Salalah (Оман). Проект предусматривает разработку, строительство и ввод в эксплуатацию современного завода метанола мощностью 3 тыс. т в сутки, который будет потреблять в качестве сырья природный газ, поставляемый компанией Oman Oil Co. Японская компания Mitsubishi Gas Chemical планирует строительство крупного предприятия по производству метанола в Саудовской Аравии, а также ведет переговоры о строительстве аналогичного завода в Брунее. Новый завод в саудовском городе All Jubail будет иметь мощность 1,5 млн т в год. Им будет управлять компания Ar-razi, представляющая собой совместное предприятие с равным участием компаний Mitsuubishi Gas и Savic. Ar-razi уже имеет свое производство общей мощностью 3,1 млн т метанола в год. Компания Mitsubishi закончила его строительство в 2008 году. Группа MG Technologies AG объявила о том, что ее инженерное отделение Lurgi AG получило от компании Qatar Fuel Additives Company Ltd заказ на строительство завода метанола в Катаре. Новый завод должен быть введен в строй в 2008 году. Завод станет самым большим в мире предприятием по выпуску метанола — здесь будет производиться 6750 тонн данного продукта в сутки. Компания Heilongjiang Hegang Mining Group в сотрудничестве с Dalian Huafeng Enterprise Group строит завод для производства метанола из угля мощностью 1,2 млн т в год.

На рис 15 изображены доли мировых производителей на глобальном рынке метанола.

## Российское производство

Российские производители выпускают более 3 млн т метанола в год, однако внутреннее потребление продукта составляет всего 1 млн т в год, с ежегодным приростом переработки 3–4%, поэтому производство метанола характеризуется экспортной направленностью (более 50% метанола экспортируется).

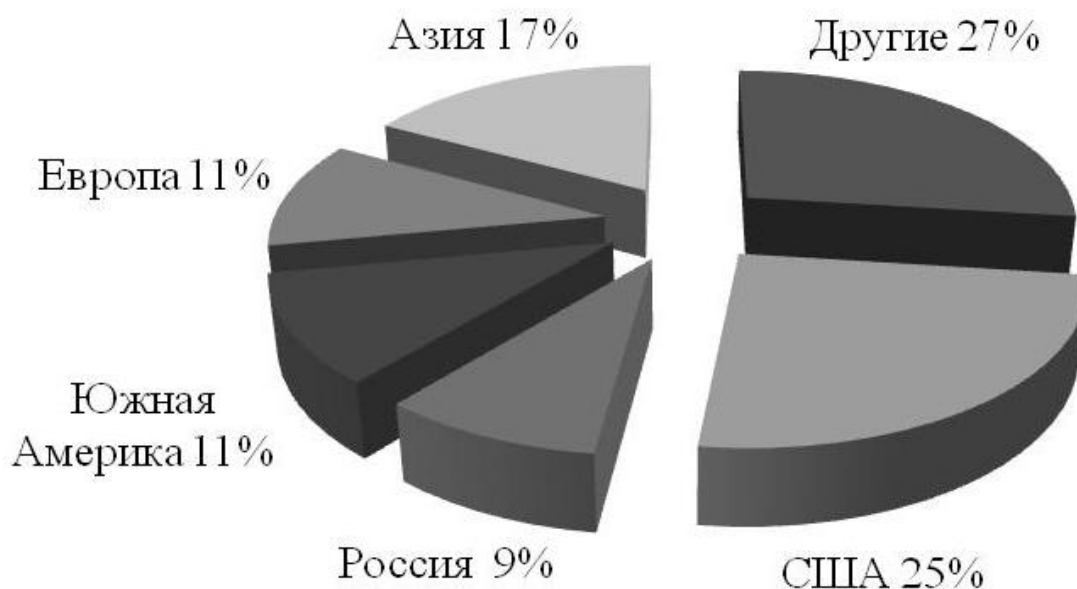


Рис.15. Структура мирового рынка метанола по регионам производителям

Основные причины доминирования экспорта: благоприятная внешнеэкономическая ценовая конъюнктура и недостаток российских перерабатывающих мощностей. В России действуют 8 крупных предприятий-производителей метанола. Специализируются на производстве данного продукта ОАО «Метафракс» и ЗАО «Метанол». Остальные производители — НАК «Азот», ОАО «Тольяттиазот», ОАО «Акрон», ОАО «Невинномысский Азот», ОАО «Щекиноазот», ОАО «Новочеркасский завод синтетических продуктов» производят азотные удобрения, и метанол здесь является дополнительным продуктом при производстве аммиака.

Крупнейшими производителями метанола в России являются: ОАО «Метафракс» - до 1 млн т в год (около 30 % российского производства); ЗАО «Метанол» — 750 тыс. т в год, ОАО «Тольяттиазот» - 450 тыс. т в год. ОАО «Акрон» разработало инвестиционную программу до 2015 года в размере 1,4 млрд долларов. Инвестиции будут направлены на модернизацию существующих и строительство новых производственных мощностей на предприятиях холдинга. Более 100 млн долларов пойдет на строительство собственных энергетических мощностей. ОАО «Акрон» в 2005–2007 гг. инвестировал в

производство метанола 73 млн долларов. ОАО «Тольяттиазот» планирует строительство второй линии по выпуску метанола, общая стоимость проекта составляет 150 млн долларов. После ввода в эксплуатацию новых мощностей производство метанола на предприятии с выпускаемых 450 тыс. т возрастет до 1 млн т в год.

Осенью 2005 года проведена серьезная реконструкция завода ЗАО «Метанол». Основная цель реконструкции — повысить надежность и долговечность работы оборудования завода, что в конечном итоге может положительно сказаться и на объемах производимой продукции. ЗАО «Метанол» выработало в 2004 году более 750 тыс. т метанола. ОАО «Щекиноазот» в 2009 году, запустило новую установку метанола (мощнее старой на 25%) к 2007 году.

Тенденция по перемещению мирового производства метанола в страны, обладающие большими запасами газового сырья, сохраняется. При этом в России, на фоне снижения мировых цен на метанол в последние годы, наблюдается тенденция роста внутреннего потребления по сравнению с экспортом, на долю которого, однако, по-прежнему приходится значительная часть отечественного производства. В роли основного импортера российского метанола выступает Европа, менее значительные поставки приходятся на долю СНГ и США. Аналитики предсказывают большие перспективы двум российским предприятиям - томскому и пермскому - на дальневосточном рынке. Недавно заявлено о предстоящем строительстве «с нуля» завода по выпуску метанола на Сахалине. Теоретически эти два завода могли бы удовлетворить до 50% потребностей японского рынка в метаноле. В роли инвесторов сахалинского проекта намерены выступить японские компании.

Уксусная кислота из метанола раньше в России не производилась. В настоящее время в ОАО «Невинномысский Азот» введено в эксплуатацию производство уксусной кислоты мощностью 150 тыс. т в год.

Строительство новых мощностей по переработке метанола в формальдегид ведут ОАО «Метафракс» (270 тыс. т формалина в год) и ОАО «Акрон» (60 тыс. т формалина в год). Запуск новых установок формальдегида осуществлен в первом квартале 2006 года и сентябре 2005 года соответственно. Кроме того, ОАО «Метафракс» запустил три очереди производства КФК — карбамид-формальдегидного концентрата, основным сырьем для которого также является метанол. На сегодняшний день в ОАО «Метафракс» метанол, формалин и КФК занимают в структуре товарной продукции 56, 18 и 11% соответственно, планируется дальнейшее увеличение доли продуктов переработки метанола. Поскольку российский рынок формальдегидных смол и

смежные с ним потребительские рынки далеки от насыщения, инвестиционная среда для появления новых мощностей по переработке метанола на территории РФ крайне благоприятна, что может повлечь рост инвестиционной активности в данном секторе. Холдинг «Акрон» инвестировал в развитие производства формалина, карбамид-формальдегидного концентрата, смол: 35 млн долларов в 2005 г. и 20 млн. долларов в 2006–2007 гг. ОАО «Метафракс» после запуска в конце июня 2005 года установки КФККЗ начал строительство крупного агрегата по производству формальдегида. Реализация трех проектов КФК, а также увеличение выпуска формалина позволят «Метафраксу» увеличить внутреннюю переработку метанола до 30%.

## **РОССИЙСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ**

В связи с предстоящим вступлением в ВТО и выполнением Россией условий по выравниванию цен российские экспортеры метанола могут лишиться основного преимущества — низких цен на продукцию естественных монополий, и поставки на экспорт станут менее рентабельными. Существует опасность, что внутренний рынок не сумеет поглотить объемы метанола, резко возросшие после частичного вытеснения его с внешних рынков. Таким образом, техническое перевооружение отечественных производств метанола — критический фактор их выживания.

Модернизация производственных мощностей с целью сохранения как экспорта, так и внутреннего рынка, с одновременным углублением переработки метанола на собственных промышленных площадках снизит зависимость от поставок на внешний рынок. Перспективной является комплексная переработка по схемам «метанолуксусная кислота винилацетат» и «метанол КФК». Еще одним заманчивым продуктом является меламина. Его производство стимулирует выпуск меламиновых смол, которые, в свою очередь, широко используются для получения лакокрасочной и строительной продукции, отвечающей требованиям европейских стандартов.

В долгосрочном плане развитие производства метанола в России может быть признано перспективным и рентабельным только с внедрением технологий его глубокой переработки.

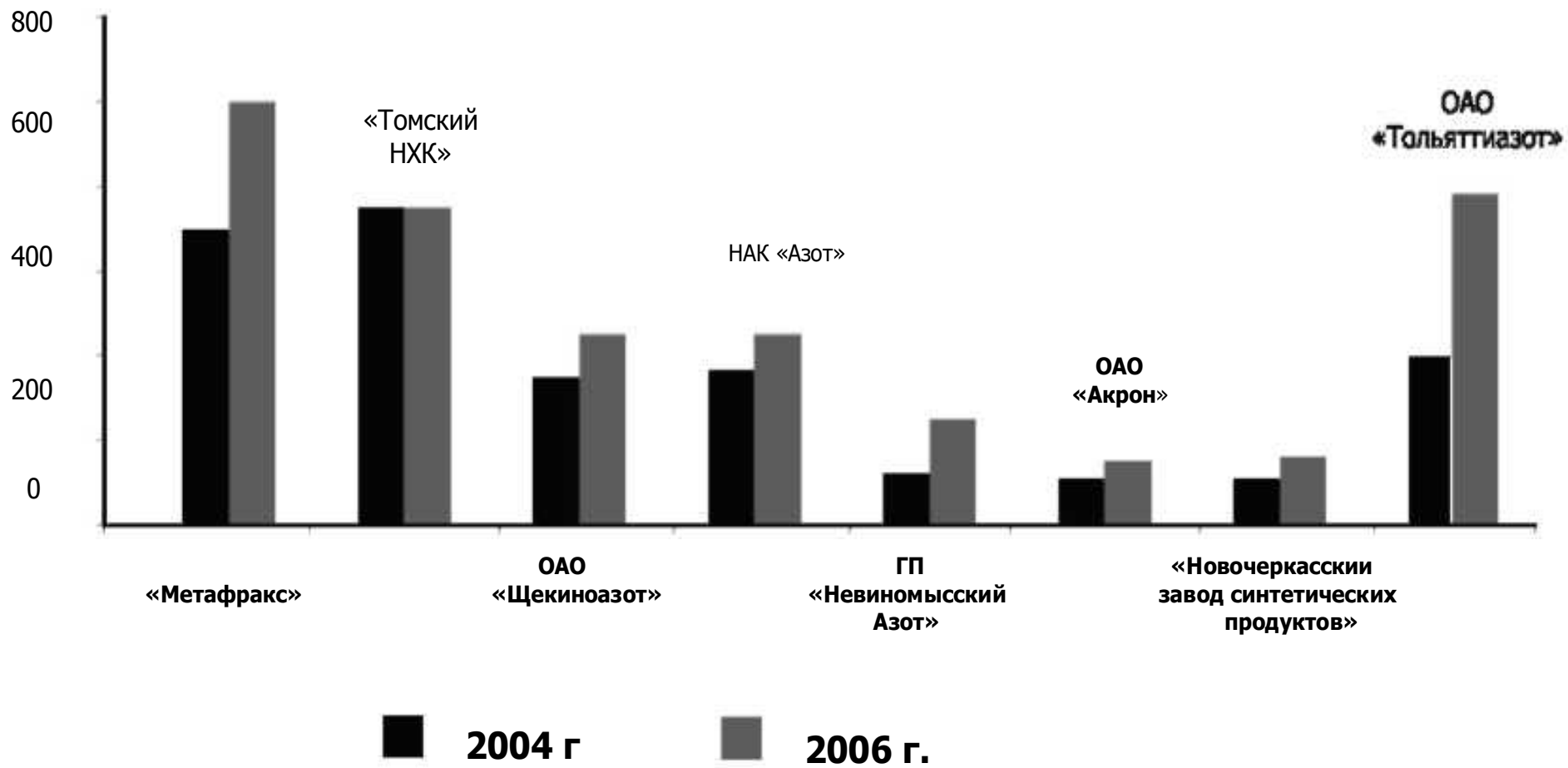


Рис 16. Доли производителей метанола в 2004 и 2006 гг

## 2. ТЕНДЕНЦИИ И ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

### 2.4. Тенденции развития производства фосфорсодержащих удобрений

В мировом производстве преобладает диаммофосфат, объем выпуска которого в 2004 г. составил 20 млн т  $P_2O_5$ . Однако в последние годы эксперты отмечают тенденцию роста производства аммофоса, доля аммофоса в мировом ассортименте фосфорсодержащих удобрений увеличилась с 26% в 1999г. до 33% в 2003г., в то время как доля диаммофоса снизилась с 62 до 55%. Производство двойного суперфосфата (ДСФ) сохранялось на постоянном уровне 12%. В течение 2003 г. производство аммофоса и двойного суперфосфата значительно возросло, соответственно на 9 и 6%, и на 2% снизилось производство диаммофоса. Более существенный рост производства аммофоса в 2003 г. наблюдался в США — 18%, в то же время выпуск диаммофоса и двойного суперфосфата уменьшился там соответственно на 4 и 14%. Эксперты объясняют это увеличением спроса на аммофос со стороны основных импортеров, а также возрастанием цен на аммиак. Другой тенденцией стало увеличение объемов производства и импорта NPK-удобрений, что обусловлено известными агрохимическими и экономическими преимуществами полных комплексных удобрений [2, 3].

Ведущее место по производству простых и комплексных фосфорсодержащих удобрений занимают США, Япония, Великобритания, Франция, страны бывшего СССР. Динамично развивается производство фосфорсодержащих удобрений в Китае. Сейчас там насчитывается около 50 предприятий, выпускающих сложные удобрения, объем которых составляет более 5 млн т в год (без учета смешанных, производимых на базе импортируемых удобрений).

Следствие упомянутой ранее тенденции развития собственных производственных мощностей странами – экспортерами сырья— появление на рынке новых агрессивных игроков. У них низкая себестоимость производства фосфорсодержащих удобрений, а также полуфабрикатов для их изготовления. Так, Марокканская государственная компания «ОСР», которой принадлежит около 30% мировых запасов фосфоритов и аналогичная доля рынка фосфатов и фосфорной кислоты, в 2004-2005 гг. планировала довести объем производства диаммофоса до 3 млн. т. для последующих поставок в Индию, Китай и США. Во избежание ценовых войн конкурентам предлагалось уступить часть рынка, а в качестве компенсации получить долговременные поставки сырья на льготных

условиях. В Саудовской Аравии в течение 2004—2005 гг. значительные инвестиции вложены в проект, включающий разработку месторождения Al Jalamid мощностью 4,5 млн. т фосфоритного концентрата и строительство производственных мощностей по получению MAP и DAP в Rasal Zour. Окончание проекта планируется в 2010 г., мощность производства по DAP составит 2,9 млн. т.

На фоне активного развития производства фосфорсодержащих удобрений в странах Азии, Африки и Латинской Америки, ситуация в странах Западной Европы остается стабильной. Производство фосфорных удобрений в 2004 г. снизилось по сравнению с предыдущим годом на 3% и составило 1,8 млн т  $P_2O_5$ . До 80% всего объема произведенных удобрений составили комплексные NPK-удобрения, 15% — высококонцентрированные фосфорные удобрения и около 5% — простой суперфосфат (SSP). В то же время в период 2002—2004 гг. до 1 млн т возрос импорт фосфорной кислоты странами Западной Европы, что свидетельствует о принципиальном изменении стратегии этих стран, связанном с переходом от закупок фосфатного сырья к импорту полупродукта — фосфорной кислоты. Помимо сокращения производственных расходов это позволяет исключить экологические проблемы, обусловленные образованием крупнотоннажного отхода — фосфогипса. Проблема его утилизации до сих пор не решена ни в одной стране.

Более сложная ситуация **в странах Центральной Европы**. Загрузка производственных мощностей на предприятиях отрасли не превышает 40%. В Болгарии и Хорватии объем производства составляет около 50% от имеющихся мощностей. Доминирующими видами продукции являются комплексные удобрения, двойной и простой суперфосфат, фосфаты аммония. Общий объем выпуска фосфорной кислоты в регионе в 2005 г. составил 1,46 млн т  $P_2O_5$ . Несколько лучше складывается ситуация в Польше. Так с 2001 по 2004 гг. загрузка производственных мощностей возросла с 55 до 75%.

На современном европейском рынке в настоящее время предлагается около 200 марок фосфорсодержащих комплексных удобрений. Чаще всего упоминаются марки 15:15:15; 14:14:14; 20:20:20; 20:12:21. Наибольший ассортимент этих удобрений среди соседей Беларуси производится предприятиями **Польши и Литвы**. Обратим внимание: в качестве исходного фосфорсодержащего компонента производимых комплексных удобрений данные предприятия, в частности: «LUBON», «FOSFORY», «KEMIRALIFOSA», «ARVI», широко используют суперфосфаты (на что указывает высокое содержание кальция), а в составе конечных удобрений содержится от 3 до 11% серы, от 8 до 23% оксида кальция. Еще одной устойчивой тенденцией



является введение в состав комплексных удобрений магнийсодержащих добавок (в среднем от 2 до 6% в пересчете на MgO), а также бора и других микроэлементов преимущественно в хелатной форме. Причем производители при характеристике удобрений указывают кроме основных питательных компонентов также содержание серы, кальция и магния, что свидетельствует о возрастании важности для сельхозпроизводителей этих компонентов.

**В Украине** в 2005-м, по сравнению с предыдущим годом, производство фосфорсодержащих удобрений возросло на 40% за счет увеличения импорта фосфоритов из Сирии и Алжира. Основными видами продукции являются фосфаты аммония (аммофос), комплексные NPK-удобрения, простой суперфосфат. Основные производители удобрений Украины в конце 90-х - начале 2000-х прекратили производство в связи с невозможностью приобретения сырья. В настоящее время выпускают продукцию два предприятия, однако степень загрузки производственных мощностей по данным экспертов IFA не превышает 50%.

Поставки NPK-удобрений украинскими продуцентами на внутренний рынок в 2005 году составили 208 тыс. т, что на 88% больше, чем в 2004 году. Потребность украинского рынка в суперфосфате полностью обеспечивает украинский производитель данного продукта — ОАО «Сумыхимпром». Е последние годы в агропромышленном комплексе Украины прослеживается тенденция к увеличению потребления NPK-удобрений, сбалансированных по содержанию основных питательных веществ, несмотря на их более высокую цену. Основная потребность украинского рынка в аммофосе обеспечивается за счет российского импорта. В 2005 году в Украину было ввезено 119,76 тыс. т аммофоса на сумму 27,19 млн долларов.

Наиболее крупным производителем фосфорсодержащих удобрений среди стран СНГ остается Россия. Объем производимых в России фосфорных удобрений — 7,8% от их мирового производства. В производстве минеральных удобрений доля фосфорных составляет 19%. В 2005 году российскими продуцентами было произведено фосфорсодержащих удобрений 2754 тыс. т в пересчете на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (рост 2,3%). Основной объем этой российской продукции основан на фосфорной кислоте, 20% производится на основе азотнокислотного разложения. Самыми крупнотоннажными продуктами являются аммофос (почти половина производимого — 46%), диаммофос (20%) и азофоска (NPK = 16:16:16) (17%). Их суммарная доля оценивается в 83%. Из других удобрений, имеющих заметные доли, следует отметить сульфоаммофос -5%, нитроаммофосфат и диаммофоску - по 2%. В современной России производится всего 1,6% простых фосфатных удобрений в общей выработке, чуть более 1% ЖКУ.

Основные производственные мощности сосредоточены в холдингах «ФосАгро» -43%, МХК «Еврохим» - 21%, ОАО «Акрон» - 7%. Крупнейший производитель в России череповецкое ОАО «Аммофос» производит более трети всех выпускаемых в России фосфатных удобрений (действующие мощности составляют 920 тыс. т/год по  $P_2O_5$ ); примерно равные доли - 15 и 14% имеют «Балаковские Минудобрения» и «Воскресенские Минудобрения». Эти три предприятия производят 63% всего российского выпуска. ПГ «Фосфорит» производит 8%, а новгородский «Акрон» и росошанские «Минудобрения» - 24%. Доля других предприятий - пять и менее процентов.

Суммарная проектная мощность по фосфатным продуктам рассматриваемых предприятий составляет 5026 тыс. т  $P_2O_5$ , и действующая мощность - 3430 тыс. т  $P_2O_5$  (3075 тыс. т  $P_2O_5$  удобрений и 355 тыс. т  $P_2O_5$  кормовых и технических фосфатов), т.е. 68% от проектной мощности. В других публикациях приведены близкие данные: суммарная проектная мощность 4729 тыс. т  $P_2O_5$ , действующая мощность —3760 тыс. т  $P_2O_5$ .

В начале 21 века среди российских производителей наблюдается тенденция сокращения доли экспорта. Если в 2003 г. было экспортировано 83% фосфатных удобрений, в том числе 99% диаммофоса, 82% аммофоса, 89% азофоски, то в 2005 году доля экспорта снизилась до 73%.

Снижение поставок фосфорсодержащих удобрений на экспорт обусловлено, с одной стороны, повышением спроса со стороны отечественных сельхозпроизводителей, с другой — отражает нарастающие сложности с обеспечением предприятий внутри России фосфатным сырьем. Об этом мы подробно писали в предыдущей публикации («Вестник Белнефтехима» №10, 2006) при анализе тенденций сырьевого рынка.

Потребление фосфорсодержащих удобрений на внутреннем рынке России в 2005 г. составило 732 тыс. т в пересчете на  $P_2O_5$  (рост к 2004 г - 73%). Причем увеличение произошло в основном за счет усиления спроса на комплексные удобрения, потребление простых удобрений на внутренних рынках остается незначительным. Из всей номенклатуры поставляемых NPK - удобрений наиболее востребованной в России является марка 16-16-16.

Нарастание проблем, связанных с обеспечением предприятий фосфатным сырьем, значительно активизировало научные исследования по разработке новых технологических процессов и использованию альтернативных источников фосфатного сырья.

В НИУИФ (г. Москва) на протяжении последних десятилетий активно проводятся технологические, физико-химические, агрохимические исследования по переработке низкосортных фосфатных руд перспективных

месторождений (Вятско-Камского и Егорьевского) в ЭФК и фосфорсодержащие удобрения.

В результате разработана поточная технология производства двойного суперфосфата, содержащего 43,5-44,0%  $P_2O_5$  общ., 93% из которого находится в усвояемой и 75% в водорастворимой форме.

Разработана технология нового вида фосфорных удобрений пролонгированного действия, названного суперфосом. Он получается путем разложения фосфоритов пониженными нормами расхода фосфорной, серной кислот или их смеси. Содержание  $P_2O_5$  общ. в продукте составляет 31,3-40,5%, из них 60-65% находится в усвояемой и 33-60% в водорастворимой форме.

Азотно-фосфорные удобрения широкого ассортимента можно получить путем взаимодействия низкосортного фосфорита с кислыми солями сульфата аммония. Эти удобрения обладают свойством пролонгированного действия; при необходимости в процесс можно ввести калийсодержащую добавку и микроэлементы. Описанные процессы можно осуществить поточным способом с различным аппаратным оформлением: барабанным гранулятором-сушилкой (БГС), барабанным гранулятором и сушильным барабаном (ретурный способ) и др. Испытания технологий осуществлены в промышленных условиях в цехе кормового преципитата Мелеузского ОАО «Минудобрения».

Выполнен комплекс модельных технологических исследований по разработке процесса получения гранулированных NP- и NPK- удобрений с использованием частично активированных механохимическим способом фосфоритов желнакового типа. В качестве активирующих агентов применяли планы аммиачной селитры, кислые пульпы фосфатов аммония, раствора сульфата или бисульфата аммония, хлорид калия. Процессы получения NP-удобрений отработаны в полупромышленном масштабе. В образцах NP-удобрений ( $N:P_2O_5=1:1$ ), полученных на основе нитрата аммония и верхнекамского фосфорита, суммарное содержание питательных элементов составило 26%. Образцы NP-удобрений, полученные путем частичного (10-30%) замещения  $P_2O_5$  кислой пульпы фосфатов аммония на  $P_2O_5$  в виде низкосортного фосфатного сырья, содержали суммарно 42—56% питательных веществ. Гибкость технологической схемы обеспечивает возможность получения NP-, NPK- и PK-удобрений в широком диапазоне содержания питательных элементов.

Одним из наиболее перспективных направлений использования низкосортного фосфатного сырья в производстве сложных удобрений является способ азотносернокислотного разложения фосфорного сырья с рециклом сульфата аммония. По этой технологии балластный кальций выводится из

системы в виде фосфогипса. При этом получается продукт с широким диапазоном соотношений N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O) и суммарным содержанием питательных элементов 45% (NP) и 50% (NPK). Процесс отработан в полужаводском масштабе на ДПО «Азот» г. Днепродзержинска.

Проведены исследования по использованию верхнекамского фосфорита в производстве нитроаммофосфатов. Показатель оптимальной замены P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> апатитового концентрата на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> фосфорита находится в интервале 15-17%. Удобрения марки N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>5 = 1:1 содержали суммарно 38-40 питательных элементов, причем 91-93% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> представлены усвояемой, а 51-55% – водорастворимой формой.

Среди бывших стран СНГ аналогичные исследования по переработке низкоконцентрированных видов фосфатного сырья, в частности, фосфоритов Центральных Кызылкумов, активно ведутся в Узбекистане.

Большой интерес среди исследователей и производителей в настоящее время уделяется процессам получения комплексных удобрений на основе суперфосфатов и карбамида. Использование карбамида в процессах получения сложных удобрений на основе продуктов кислотной переработки фосфатов целесообразно с агрохимической точки зрения. Установлено, что при введении карбамида происходит не только повышение содержания азота в продукте, но в случае одновременного снижения pH суспензии - повышение доли P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в водорастворимой форме. Это позволяет сократить удельный расход кислот при производстве сложных удобрений с сохранением высокого качества готового продукта.

## **ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ВИДОВ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Интерес к системе карбамид - суперфосфат связан также с тем, что между компонентами смеси, как указывалось ранее, протекают реакции аддуктообразования. Удобрения, содержащие аддукты карбамида с сульфатом кальция и монокальций фосфатом, выделяют азот в почву со значительно меньшей скоростью по сравнению с карбамидом. Это позволяет получать на их основе комплексные удобрения пролонгированного действия и снизить потери питательных компонентов в почвах. Получение таких комплексных удобрений — достаточно непростая задача. Продукт смешения карбамид суперфосфатов имеет неравномерный состав, после нескольких недель хранения происходит конгломерация частиц и увеличение слеживаемости.

В США фирмой «ТВА» разработан ряд процессов, основанных на введении карбамида в технологический процесс на стадии нейтрализации

совместно с аммиаком, в виде аммиачно-карбамидных, аммиачно-карбамидно-аммонийных растворов с получением марок 5:20:20, 6:12:12, 12:12:12. В Великобритании эксплуатируются три установки по получению комплексных удобрений марок 13:13:20, 15:15:15 — на основе суперфосфата и карбамида. Обращает внимание, что по данным исследователей, введение от 15 до 50% фосфора в виде МАФ или ДАФ благоприятно сказывается на ходе технологического процесса.

Большого успеха в разработке новых способов получения удобрений на основе карбамида суперфосфата достигла фирма «Grande Paroisse» (Франция). Разработанная технология карбамид-суперфосфата марки 20:10:0, в состав которого входит тетракарбамид сульфата кальция, и NPK-удобрений на его основе марок 14:14:14, 14:07:14, 9:7: 8:18:26, 8:15:22 испытана на пилотной установке, реализована на заводе фирмы в Бордо. В данном способе для разложения фосфатных руд использована смесь карбамида, серной кислоты и воды с мольным отношением 3,6:1:1 при мольном соотношении  $H_2SO_4: P_2O_5 = 2,8:1$ . При этом себестоимость удобрения марки 20:10:0 снижается на 10-30 по сравнению с традиционной технологией, основанной на использовании фосфорной кислоты. Использование данного удобрения дает прибавление к урожаю кукурузы 500 кг/га, риса 810 кг/га при дозе внесения азота 140 кг/га. Следует заметить, что разработанная технология, как и большинство других, может быть реализована в том случае, если в качестве фосфорсодержащего сырья применяют легко разлагаемые фосфориты типа марокканских. Кроме того, технология характеризуется высокой ретурностью и базируется на камерном способе производства. А он обладает существенными недостатками и на предприятиях стран СНГ заменен на поточную систему.

Проведенный нами анализ позволяет сделать вывод, что мировой рынок фосфорсодержащих удобрений является мобильным, динамично развивающимся и перспективным для инвесторов. Устойчивой и нарастающей тенденцией стало развитие производственных мощностей странами, располагающими собственной сырьевой базой, а также бурно развивающимися странами Азии и Южной Америки. При этом наряду с наращиванием мощностей по выпуску фосфорсодержащих удобрений их экспорт неуклонно сокращается.

Одно из главных направлений дальнейшего совершенствования технологических процессов — увеличение доли выпуска комплексных удобрений в общем объеме производства при одновременном значительном расширении выпускаемых марок с учетом требований потребителей. Несмотря на широчайший ассортимент предлагаемых на мировом рынке марок, необходимо отметить, что традиционно высоким спросом у

сельхозпотребителей пользуются уравновешенные марки комплексных удобрений (16:16:16, 15:15:15 и др.). В то же время, на мировом рынке наиболее востребованы фосфаты аммония (NAP, DAP, аммофос). Они наиболее концентрированные (содержание питательных веществ превышает 60%), поэтому затраты на их транспортировку и хранение (в расчете на единицу д.в.) минимальны. Сами же удобрения используются главным образом для приготовления различных марок смешанных и сложно-смешанных удобрений.

Другая устойчивая тенденция - увеличение доли комплексных удобрений, производимых на основе суперфосфатов, что позволяет исключить образование фосфогипса и ввести дополнительно в состав удобрений серу и кальций. Причем многие производители (в частности, страны Прибалтики, Польша), не имея собственных мощностей, закупают суперфосфаты с последующей переработкой на комплексные удобрения и их реэкспортом.

Данные о комплексных удобрениях, выпускаемых в Польше, Литве, России и Украине представлены в табл 4.

**Таблица 4**

**Ассортимент выпускаемых комплексных удобрений**

Предприятие, (фирма)	Название	Марка	Примечание
«Siarkopol» (Польша) g.Tarnobrezg www. Siarkopol.com.pl	Unifoska01	8.5:8.5:8.5	Удобрения на основе простого суперфосфата. Технология предусматривает смешение, гранулирование, сушку и кондиционирование
	Unifoska02	4:11.5:11.5	
	UnifoskaZ	12.5:5:16.5	
	UnifoskaRS	5.5:8:16.5:20(S)	
	Ogorod2001	9.3:4.6:9.3:3(MgO):м.эл	
	Atut2002	8.8:4:12.3:2.9(MgO):м.эл	PK-удобрение
	Potafoska magnezovana z borem	13:13.4(MgO):0.2(B)	
	FOSMAG	15(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ):5(MgO)	

**2.5. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ**

После относительной стабилизации мирового рынка сложных удобрений в 2003 - 2007 гг. наиболее отчетливо мы наблюдаем нетрадиционно высокий спрос и динамичный рост цен на сложные удобрения на основных рынках потребления. Последние сообщения профильных аналитических агентств о ситуации на рынке сложных удобрений фиксируют близость исторических

максимумов как темпов роста, так и уровня цен. Так, на внутреннем рынке США в течение недели с 12 по 18 февраля 2007 г. цены на диаммонийфосфат выросли более чем на 15%, что нельзя объяснить только сезонными факторами. Основные страны-импортеры сложных удобрений пересматривают прогнозные объемы потребления и, соответственно импорта сложных удобрений в сторону существенного увеличения. В качестве основных причин системной тенденции роста потребления сложных удобрений можно выделить следующие [4, 5]:

1. длительный период управляемого сдерживания объемов производства сложных удобрений в США с выводом и консервацией мощностей;

2. рост посевных площадей под сельскохозяйственные культуры в основных странах потребления и, соответственно, потребностей в минеральных удобрениях;

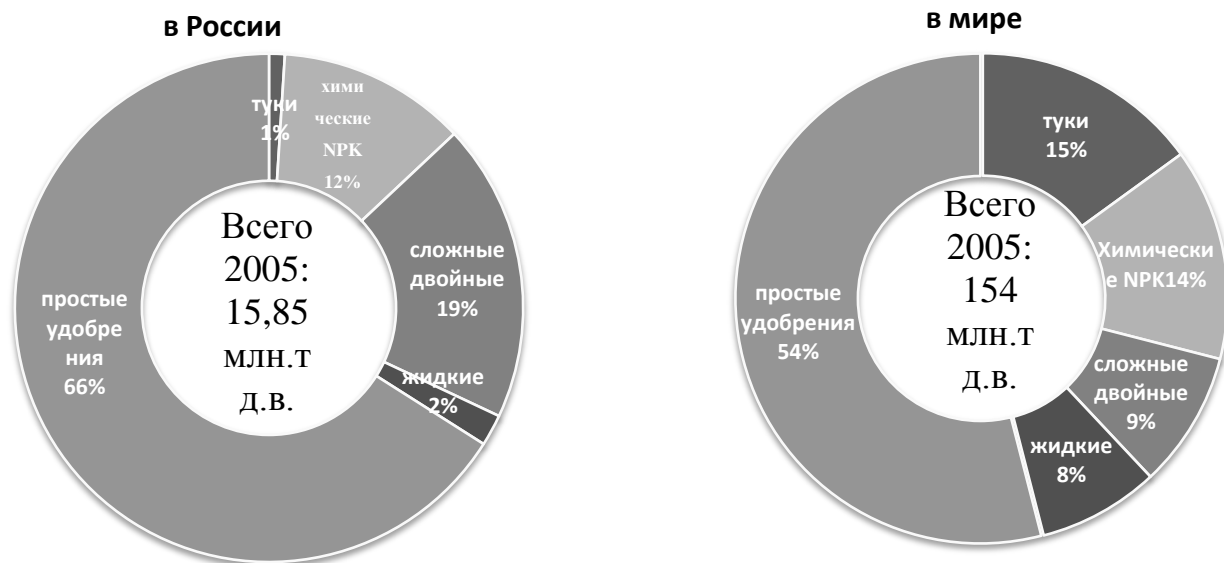
3. государственная политика стран - импортеров минеральных удобрений с увеличением бюджетов поддержки сельхозпроизводителей. Так, в Аргентине в 2006 г. была отменена 6%-я пошлина на ввоз сложных удобрений и снижен вдвое НДС на все виды удобрений, что увеличило темпы закупок почти на 30%.

В то же время необходимо более глубоко проанализировать все значимые составляющие движущей силы текущей ситуации, чтобы определить долгосрочность возникшей тенденции и отделить фундаментальные причины от имеющих место конъюнктурно - спекулятивных факторов.

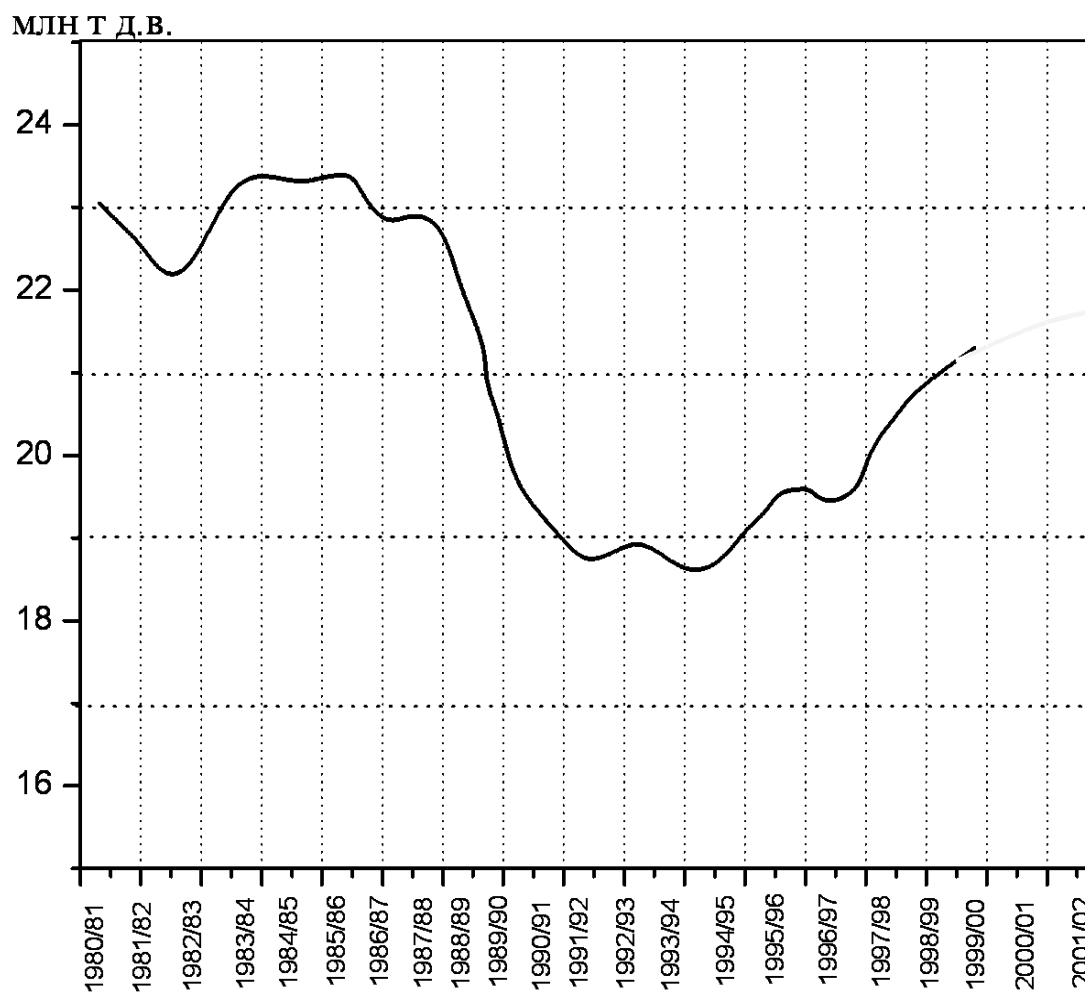
Для понимания единых тенденций развития производства и потребления минеральных удобрений необходимо проанализировать сегмент комплексных удобрений, занимающих важное место в мировом и российском балансе производства и потребления минеральных удобрений, но незаслуженно обделенных вниманием в периодической информации и аналитических обзорах.

На рис.17 показана сложившаяся в 2005 г. структура производства минеральных удобрений по ассортименту в мире и России. Из представленных данных видно, что в мировом производстве комплексные удобрения, производимые химическим и механическим способом как тукосмеси, занимают существенную долю, а с точки зрения агрохимической ценности, являются универсальной формой питания растений. В российском производстве ассортиментный ряд выпускаемых удобрений более плоский с мизерной долей тукосмесей, но от этого значение химических форм NPK-удобрений как источника всех макроэлементов только возрастает.

На следующем рис.18 представлена динамика мирового потребления NPK - удобрений в одной грануле на 25-летнем отрезке. После обвала конца 80-ых/начала 90-х годов прошлого века и стагнации середины 90-х годов в последние годы наблюдается рост объемов производства с приближением к исторически максимальному уровню.



**Рис. 17. Ассортиментная структура производства минеральных удобрений**



**Рис. 18. Мировое потребление химических NPK- удобрений**



Основными факторами снижения мирового потребления комплексных удобрений в период начала 90-х годов стали экономический кризис в Центральной и Восточной Европе, приведший к банкротству производителей и последующему закрытию мощностей, обвальному снижению потребления всех видов минеральных удобрений в аграрном секторе при переходе от планово-распределительной к переходной экономике, замене использования химических форм комплексных удобрений на тукосмеси с переориентацией на локальное их производство в регионах потребления из импортируемых сложных, азотных и калийных удобрений. С точки зрения оптимизации питания растений и, соответственно, увеличения эффективности применения минеральных удобрений этот шаг был безусловно позитивным. Это видно из представленных данных регионального потребления комплексных удобрений (рис.19)

Аналогичная ситуация характерна и для стран бывшего СССР, только глубина падения потребления NPK - удобрений оказалась более существенной. Восстановление потребления и, соответственно, производство NPK - удобрений в последние годы происходит за счет стран Азии, прежде всего, Китая и Индии, целенаправленно развивающих сельское хозяйство.

Отмеченная тенденция к росту потребления минеральных удобрений может стать новым импульсом к росту производства NPK - удобрений.

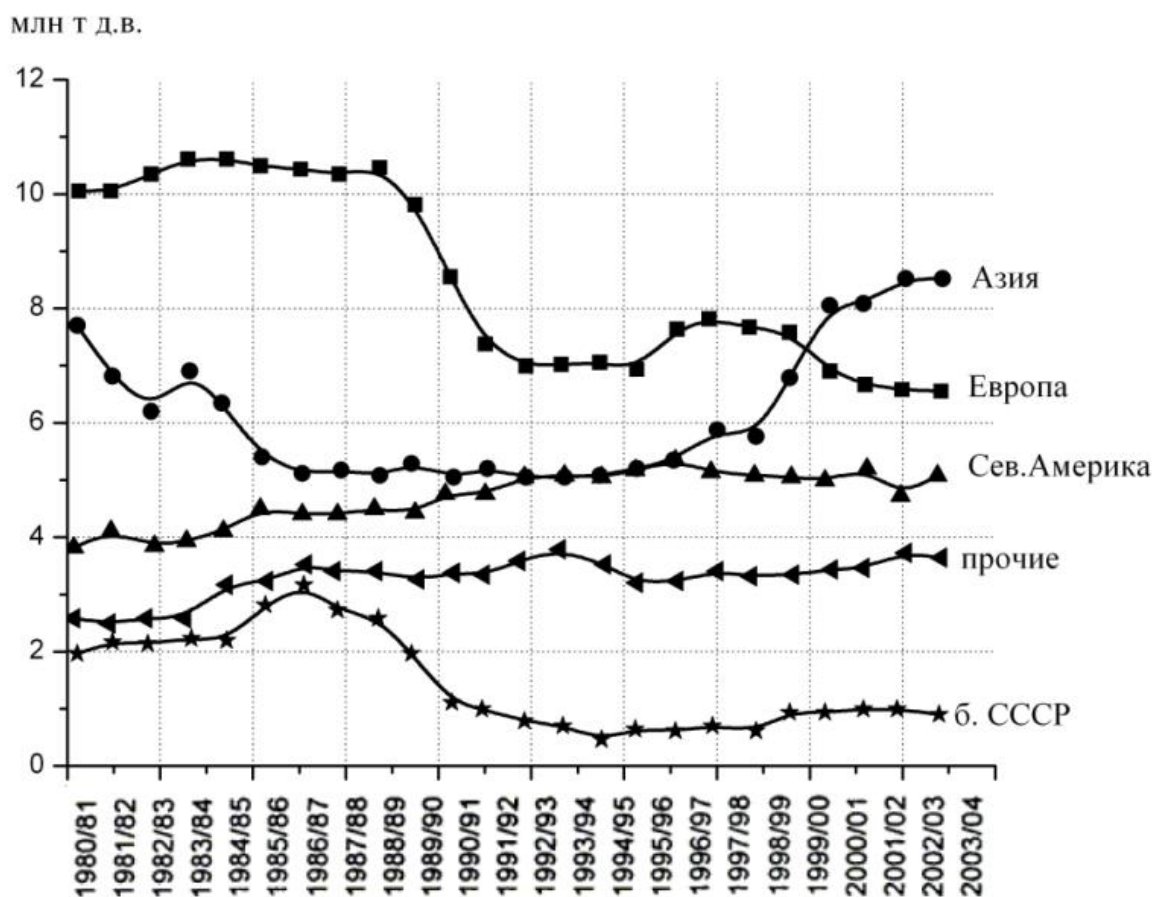
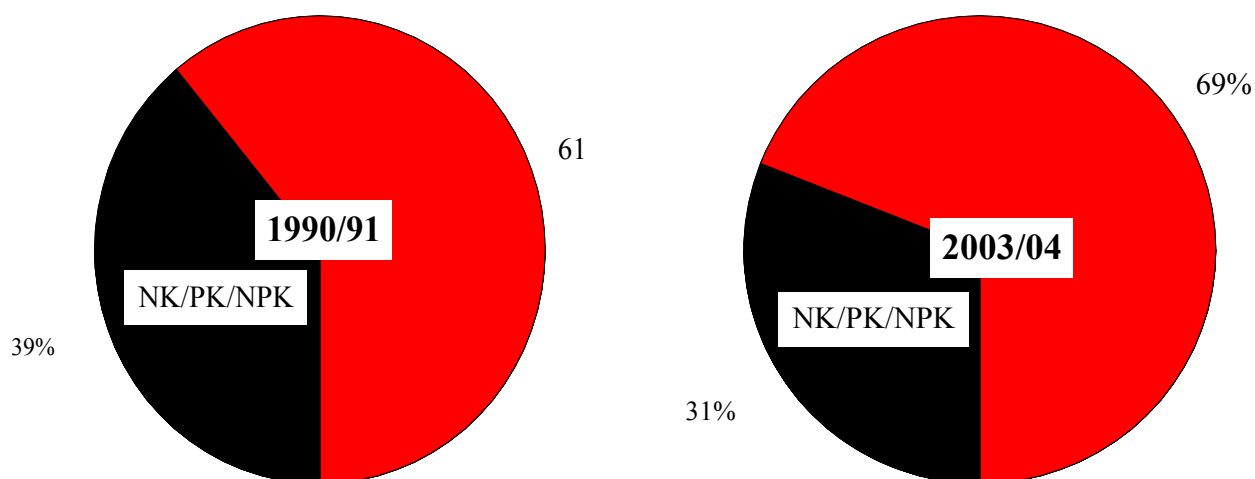


Рис. 19. Мировое потребление NPK-удобрений по регионам

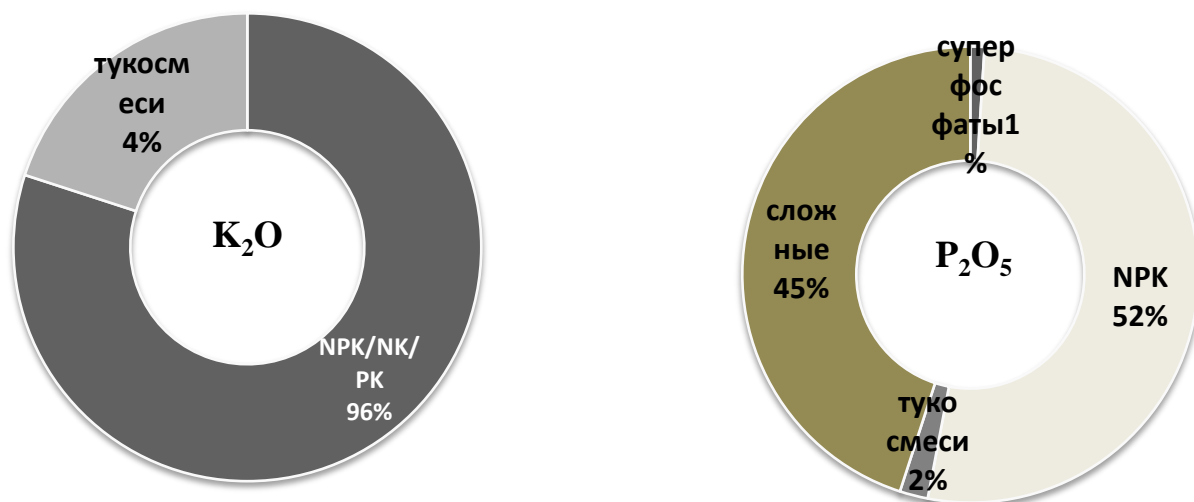


**Рис. 20. Распределение потребления хлористого калия по направлениям NPK и тукосмеси в мире**

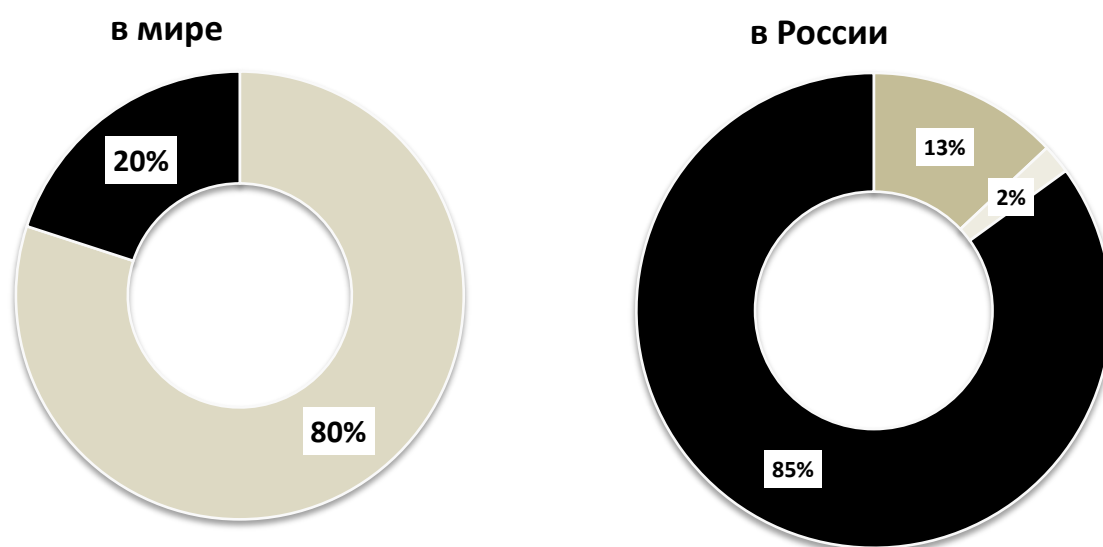
Для поддержания и наращивания объемов производства NPK - удобрений особенно значимую роль играет хлористый калий, рынок производства которого является высококонцентрированным (12 стран - производителей), а потребление отличается глобальным распределением.

В мировом потреблении хлористого калия основным сегментом потребления является производство туков, но и использование в качестве базового калийсодержащего сырья для производства калийсодержащих удобрений остается существенным (рис.20). Различия заключаются в формах используемого хлористого калия (мелкодисперсный для промышленного использования и гранулированный для тукосмесей) и затратах на гранулирование в составе комплексных удобрений или индивидуального в виде хлористого калия.

Для российского рынка характерна абсолютно противоположная картина — практически весь потребляемый калий представлен на рынке химическими формами комплексных удобрений (рис.21). В составе комплексных удобрений на внутренний рынок поставляется более 50% фосфора, что определяет их особое место в обеспечении макрокомпонентами российских сельхозпроизводителей. Исходя из реальностей российского сельскохозяйственного производства, очевидно, что наиболее динамично должны развиваться поставки комплексных удобрений на внутренний рынок.



**Рис. 21. Распределение потребления в России хлористого калия и фосфора по направлениям НПК и тукосмеси (данные производителей)**



**Рис. 22. Сегментация производимых НПК-удобрений по технологии производства (Азотэкон, Данные производителей)**

**1 – азотнокислотный способ; 2 – прессованием; 3 – сернокислотный способ**

Для понимания возможностей отраслевых производителей относительно насыщения внутреннего рынка необходимым ассортиментом НПК — удобрений, объективных затрат на их производство, необходимо рассмотреть структуру крупнотоннажного производства комплексных удобрений. Для сравнения будем приводить информацию о мировой структуре производства.

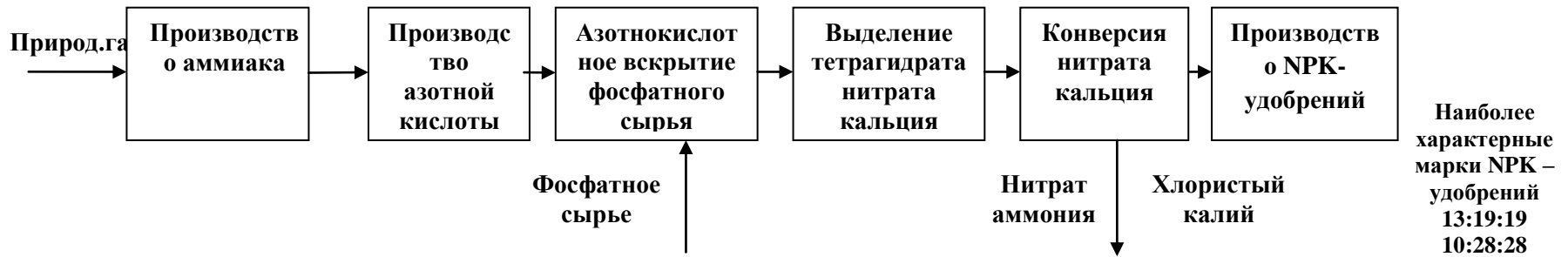
И здесь мы обнаруживаем диаметрально противоположную картину: доминирование в российском производстве NPK — удобрений по азотнокислотному методу в отличие от преобладающего в мире сернокислотного (рис.22). Типичные схемы производства NPK — удобрений по этим двум основным способам приведены на рис.23.

Законодателями мод в азотнокислотной технологии переработки фосфатного сырья являлись компания BASF, разработавшая Odda — процесс с финальным гранулированием NPK — удобрений, и компания Norsk Hydro, выбравшая способ приллирования с фирменным приллированным продуктом с ровной сферической поверхностью. Оба способа получили практическую реализацию в виде крупнотоннажных производств единичной мощностью от 500 до 2 млн т/год в 70-80-е годы XX века. Использование тонкого процесса вымораживания промежуточного продукта — тригидрата нитрата кальция- для обеспечения приемлемых концентраций макрокомпонентов в NPK -удобрениях предъявляет определенные требования к фосфатному сырью как по содержанию  $P_2O_5$ , так и по концентрации примесей. В процессе Odda, разработки компании BASF для достижения заданных базовых показателей — производительности установки и расходных норм по сырью энергоресурсов задаются регламентными требованиями к сырью по содержанию  $P_2O_5$ , MgO,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ , FCl, органических веществ и гранулометрическому составу. В то же время ввод новых мощностей в КНР по азотнокислотному способу говорит о прогрессе и в этом случае используется фосфатное сырье со средними характеристиками по соотношению примесей и  $P_2O_5$ .

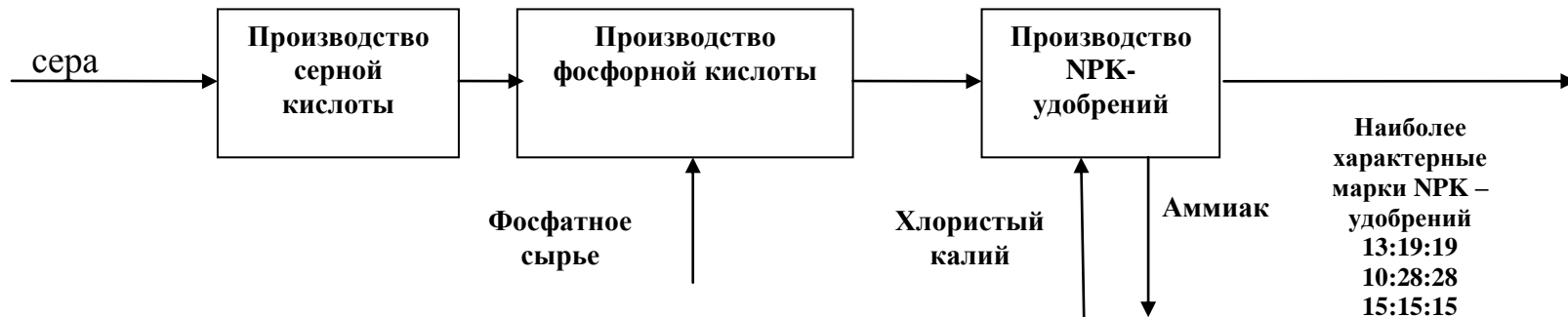
Отличительной особенностью азотнокислотной технологии являются, во-первых, кооперация на одной площадке производства комплексных удобрений, аммиачной селитры и аммиака и использование исключительно первичного технологического сырья, а во-вторых, полная переработка фосфатного сырья в ликвидные продукты: NPK-удобрения, аммиачную или изестково-аммиачную селитру, мелкодисперсный карбонат кальция без образования побочных; крупнотоннажных продуктов и необходимости строительства спецплощадок для их размещения.

С этих позиций преимущества азотнокислотного способа кажутся неоспоримыми и предопределяющими выбор производителя именно этого способа. Однако анализ показывает, что это не так. В табл. 5 приведено качественное сравнение сильных сторон каждого из способов получения химических комплексных удобрений, определяющее их позиции на рынке технологии и распространенности получаемой продукции.

**1. Азотнокислотный способ производства NPK-удобрения с финальным прилированием (способ Norsk Hydro) или гранулированием в барабане (способ Odda BASF)**



**2. Сернокислотный способ производства NPK-удобрений с финальным гранулированием в барабане**



**Рис.23: Типичные технологические схемы производства NPK-удобрений**

Сернокислотный способ обладает конкурентными сильными сторонами в принципиально важных моментах:

- 1) наличие всех макрокомпонентов исключительно в водорастворимой форме;
- 2) возможность производства NPK — удобрений с превалированием фосфора и калия над азотом, что очень важно для восстановления плодородия почв;
- 3) достижение максимально возможной концентрации по сумме макроэлементов, что снижает транспортно-коммерческие издержки;
- 4) доступность технологий и типового оборудования для аппаратурного оснащения производства по сернокислотному способу.

Последний по перечислению, но не по значимости фактор оказывает все большее влияние на принятие решения о выборе схемы производства для нового строительства.

В табл.6 приведены сравнительные расчетные данные о текущих переменных издержках и капитальных вложениях для организации нового производства NPK — удобрений химическим способом мощностью 1,1 млн т/год.

Расчеты выполнены при текущем уровне цен на сырье и условия идентичности структуры производственного комплекса. Капитальные вложения взяты из открытых публикаций по вводу аналогичных мощностей в других странах и с использованием собственных данных. Результаты расчетов свидетельствуют о сопоставимости как операционных, так и капитальных расходов и отсутствии явных преимуществ одного из способов в этом отношении.

Поэтому при выборе одного из способов решающее влияние оказывают факторы конкурентной силы, выходящие за рамки простого технико-экономического сравнения.

Если проанализировать структуру ввода новых и реконструкции производственных мощностей NPK — удобрений за последние 10 лет, то можно констатировать полное превосходство сернокислотного способа над азотнокислотным как по количеству объектов, так и по единичным и суммарным производственным мощностям. Еще раз отметим, что основной объем строительства новых мощностей NPK — удобрений пришелся на страны Азии. Очевидно, решающую роль в принятии решения сыграл фактор доступности технологий и производства марок NPK с преобладанием фосфора и калия, востребованных на рынках этих стран. Справедливости ради отметим, что экологические нормы в странах Азии еще не достигли того уровня жесткости, который характерен для стран Европы. Поэтому необходимость размещения фосфогипса на промплощадке и уровень платежей за его размещение не являются сдерживающим фактором для предпочтения сернокислотной технологии. В Европе сохраняется сложившаяся структура

производства комплексных удобрений с преобладанием азотнокислотного способа, большинство из предприятий которого были введены в 70-80-х годах прошлого века. В пятерку крупнейших производителей входит только одна компания, использующая сернокислотный способ для производства NPK — удобрений (рис.24).

Таблица 5

**Сравнительный анализ основных технологических способов  
производства комплексных удобрений**

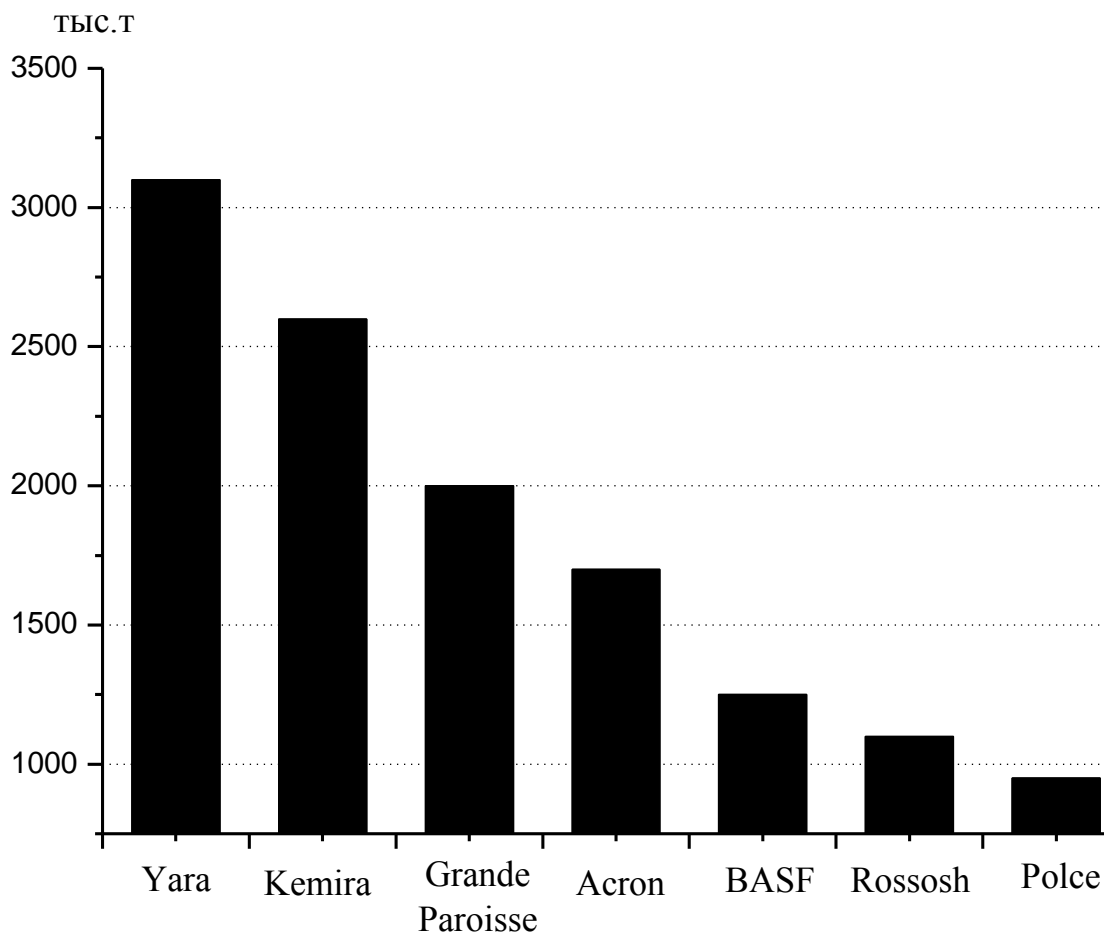
Азотнокислотный способ	Сернокислотный способ
Сильные стороны	Сильные стороны
<p>1. Гибкость перехода с одной марки NPK-удобрений на другую в соответствии с рыночной конъюнктурой;</p> <p>2. Возможность производства NPK-удобрений с содержанием серы в водорастворимой форме,</p>	<p>3. Достижение максимально возможной концентрации питательных компонентов а удобрениях;</p> <p>4. Обеспечение содержания питательных компонентов исключительно в водорастворимой форме;</p> <p>5. Возможность производства удобрений с высоким содержанием фосфора и калия.</p> <p>6. Доступность технологий и аппаратного оформления процесса получения MPK-удобрений, возможность использования типового оборудования производства сложных удобрений.</p>
<p>3. Использование ограниченного круга первичного технологического сырья (природный газ, фосфатное сырье, хлористый калий) с управлением производственными издержками по переделам аммиака, азотной кислоты и конечных удобрений;</p> <p>4. Отсутствие побочных продуктов производства и необходимости их размещения на спецплощадках или переработки;</p> <p>5. Содержание азота в аммонийной и нитратной форме, что соответствует агрохимическим требованиям в большинстве стран.</p>	

Таблица 6

**Сравнение операционных и приведенных затрат на производства  
удобрений мощностью 1100 тыс.т/год**

Наименование	Ед.изм.	Азотнокислотный метод	Сернокислотный метод
Необходимые мощности полупродуктов и удобрений	тыс.т		
аммиак	тыс.т	425	425
азотная кислота	тыс.т	615	613
серная кислота	тыс.т		455
фосфорная кислота	тыс.т		182
аммиачная селитра		450	450
удобрения	тыс.т	1100	110
Капитальные вложения в производственный комплекс			
абсолютные	млн.\$	1045	945
аммиак		300	300
азотная кислота		115	115
серная кислота			40
фосфорная кислота			100
аммиачная селитра		30	40
удобрения		600	150
шламонакопитель. станция нейтрализации фторсодержащих стоков			200
удельные	\$/т	950	859
Переменные издержки производства NPK + расходы по содержанию и эксплуатации оборудования		203,2	206
Приведенные затраты на 1 т NPK с условным сроком окупаемости инвестиций в производственные мощности в 10 лет		298,2	291





**Рис. 24. Мощности NPK крупнейших европейских производителей (данные производителей)**

Таким образом, мы отметили доминирование в мировой практике новых вводов мощностей сернокислотного способа. Для российской специфики предпочтительность сернокислотного способа усиливается за счет дополнительных факторов:

1) возможности дополнения или частичного замещения сложных удобрений на действующих производствах с использованием сернокислотного способа;

2) востребованности на внутреннем рынке марок NPK с высоким содержанием фосфора и калия для восполнения их дефицита в почве и получения агрохимического эффекта за счет увеличения урожайности и качества урожая основных культур;

3) значительного удаления потребления от производства, что определяет значительную транспортную составляющую в цене приобретения комплексных удобрений, доходящей до 20%. Для более концентрированных NPK — удобрений, получаемых сернокислотным способом, фактор непроизводительных расходов на транспортировку удобрений будет меньше.

Необходимость производства концентрированных по калию и фосфору марок NPK -удобрений диктует сложившийся отрицательный баланс по этим важнейшим макрокомпонентам и назревшая необходимость их восполнения (табл.7).

Ретроспективный анализ поставок сельскому хозяйству калия как прямого внесения, так и в виде комплексных удобрений показывает напряженный баланс даже в лучшие годы, когда практически весь производимый объем минеральных удобрений был ориентирован на внутренний рынок. В текущих условиях актуальность восполнения калия в культурных почвах становится особенно острой, так как дефицит калия является лимитирующим компонентом, определяющим эффективность применения минеральных удобрений. Г.Н.Беляев в своей книге «Калийные удобрения из калийных солей Верхнекамского месторождения и их эффективность» отмечает, что «гомеопатические дозы по 5-10-15 кг/га д.в., практикуемые в настоящее время при внесении сложных NPK-удобрений, совершенно недостаточны для эффективного действия калия, который на обедненных данным элементом почвах может быть полностью фиксирован почвой»

**Таблица 7.**

**Ретроспектива поставок калия для сельскохозяйственного применения**

№	год	Поставка NPK с/ х,	Поставка K <sub>2</sub> O		Баланс внесения и выноса,
			тыс.т	кг	
1	1970	4315	1090	8,3	-15
2	1980	8911	2343	17,7	-1
3	1990	11051	2300	1,4	-1,5
4	1995	1601	162	1,4	-16
5	2000	1361	182	1,5	-23
6	2005	1528	229	2,0	-25

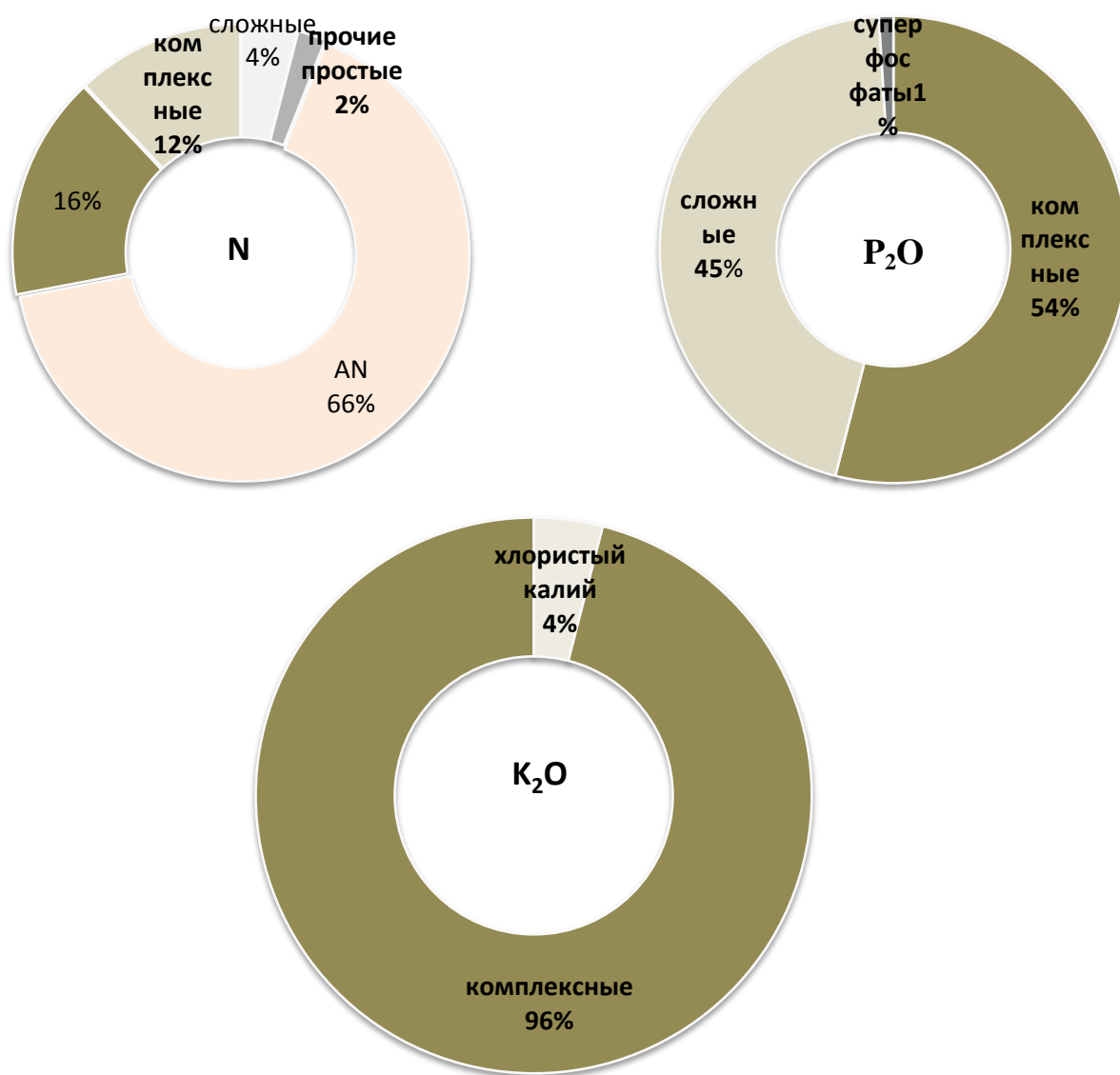
Источник: Г.Н. Беляев. Калийные удобрения, 2005г., ФСТС

В России сложились доминирующие источники поступления макроэлементов для внутреннего потребления: N- аммиачная селитра, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - сложные и комплексные удобрения, K<sub>2</sub>O - сложные и комплексные удобрения.

Сложившаяся в последние 5 лет структура поставок калия (как, впрочем, и фосфора) (рис.25) на внутренний рынок свидетельствует о том, что комплексные удобрения являются наиболее реальным инструментом постепенного покрытия дефицита в важнейших макроэлементах. Основой для

этого является наличие действующего производства NPK-удобрений и потенциал ряда предприятий сернокислотного профиля по освоению технологии комплексных удобрений. В то же время отметим, что потенциал развития прямого внесения хлористого калия и применения тукосмесей как сбалансированной формы питания растений остается чрезвычайно высоким.

### В РОССИИ

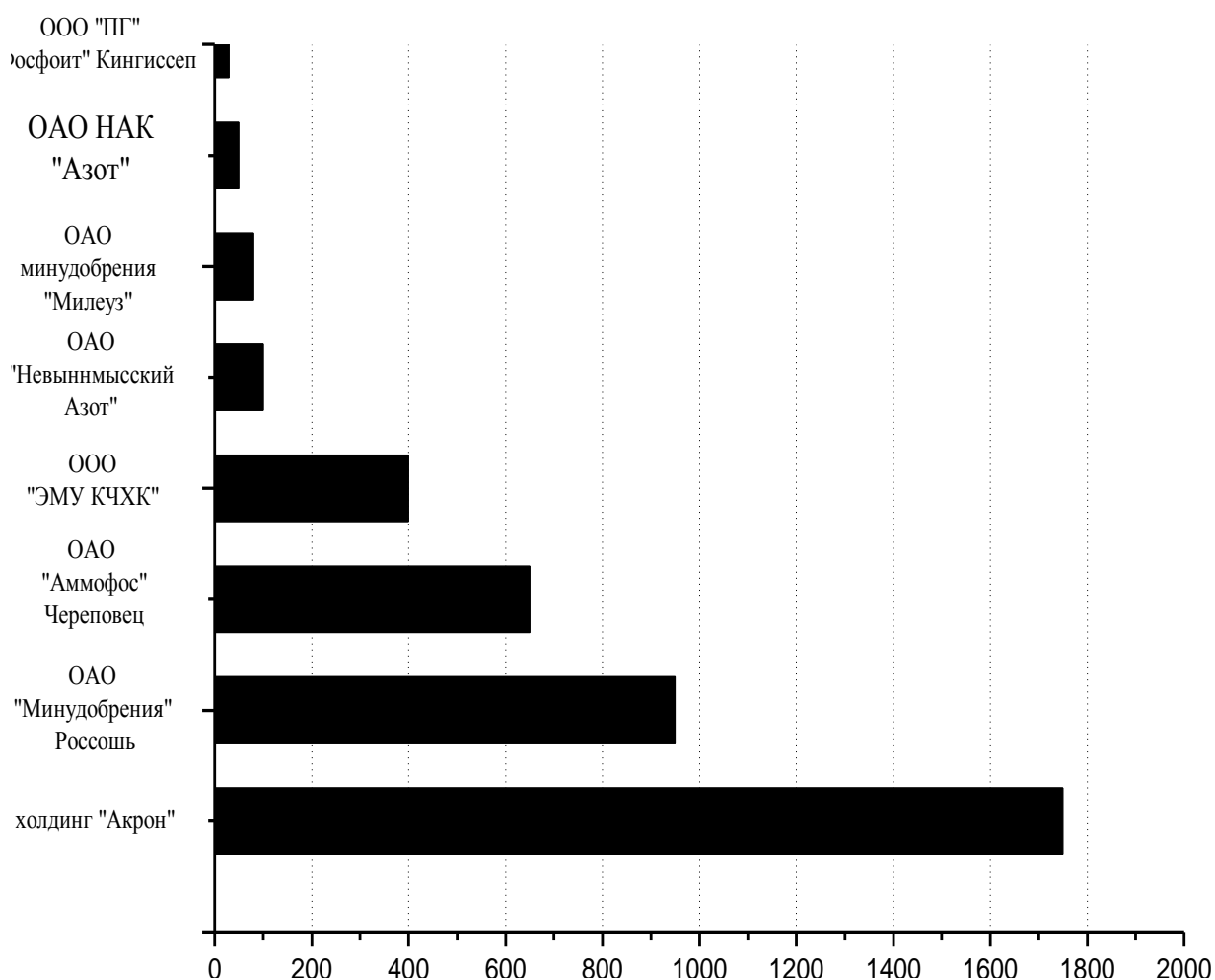


**Рис. 25. Основные источники поступления макроэлементов в систему удобрения в сельском хозяйстве (Химкуррьер, данные производителей)**

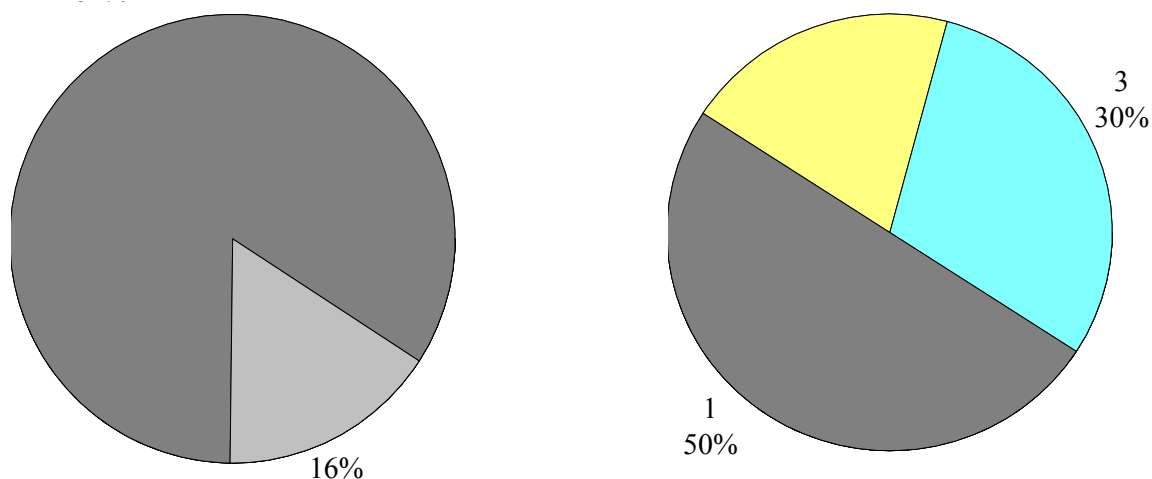
Сложившаяся в настоящее время структура российского производства комплексных удобрений с преобладанием азотнокислотного способа не в полной мере отвечает задаче внутреннего рынка (рис.26). Фактически схеме,

адекватном спросу, NPK с преобладанием фосфора и калия производит только череповецкий «Аммофос», причем весь объем производимых NPK ориентирован на внутренний рынок.

Фактически NPK - удобрения с содержанием фосфора и калия, производимые сернокислотным способом, являются основным источником фосфора и калия для сельхозпроизводителей, обеспечив более 55% калия и 33% фосфора на рынок. В то же время в структуре производства более 3/4 приходится на уравнивание марки NPK - удобрений с преобладанием азота, производимых азотнокислотным способом (рис.27).



**Рис. 26. Производство комплексных удобрений в РФ (2005 г.)  
(Азотэкон, данные производителей)**



**Рис. 27. Ассортиментная структура производства и потребления NPK-удобрений (Азотэкон, данные производителей)**

## 2.6. Получение концентрированных марок аммофоса [6]

К сложным удобрениям относятся как одинарные соли, катион и анион которых образованы разными питательными элементами, например,  $\text{KNO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  и другие, так и композиции из разных солей, содержащих два (N + P, N + K, P + K) или три (N + P + K) питательных элемента. Такие композиции получают взаимодействием азотной, фосфорной, серной кислот с аммиаком, природными фосфатами, солями калия, аммония и др.

Чем больше общее содержание питательных веществ в удобрении, тем оно ценнее. Для различных культур, почв, климатических и других условий требуются сложные удобрения с разным содержанием азота, фосфора и калия. Их относительное содержание характеризуют весовым отношением :  $\text{N} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{K}_2\text{O}$ , например, 1:1,5:0,5 (при этом указывается и общее содержание питательных веществ, например,  $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} = 36\%$ ). Иногда характеризуют удобрение отношением  $\text{N} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{K}_2\text{O}$  в весовых процентах, например, 12:18:6; сумма этих чисел дает общее содержание питательных веществ в удобрении [7].

Результаты экспериментов (табл.8 и 9) показывают, что осветление неупаренной полугидратной ЭФК до остаточного содержания взвесей 0,4% позволило при мольном отношении  $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$  около 1,03 получить аммофос марки 12:55, а при мольном отношении  $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$  около 1,14 — аммофос марки 13:54, т.е. увеличить содержание питательных веществ на 3% абс. по сравнению с традиционной маркой аммофоса  $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$  12:52.

В то же время осветление упаренной ЭФК даёт ещё более ощутимый эффект. При содержании твёрдых взвесей 0,4% содержание питательных

веществ в готовом продукте увеличивается до 69% (на 5 абс. % больше, чем в марке аммофоса 12:52). Аммонизация при мольном отношении  $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$  1,0 и 1,1 позволяет получить аммофос марки 12:57 и марки 13:56, соответственно.

Таблица 8

**Состав и физико-химические свойства образцов аммофоса из неупаренной ЭФК**

Мольное отношение $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$	Содержание компонента, % масс.			Гигроскопическая точка, %	Статическая прочность
	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{H}_2\text{O}$		
1,03	12,2	55,0	0,5	70	3,5
1,07	12,4	54,2	1,2	74	3,4
1,14	13,0	54,0	1,0	73	4,0

Исследования по получению концентрированных марок аммофоса из экстракционной фосфорной кислоты

Таблица 9

**Состав и физико-химические свойства образцов аммофоса из упаренной ЭФК**

Мольное отношение $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$	Содержание компонента, % масс.			Гигроскопическая точка, %	Статическая прочность
	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{H}_2\text{O}$		
1,00	12,2	57,1	0,4	70	3,5
1,05	12,6	56,2	1,0	72	3,4
1,10	12,9	56,1	0,7	72	3,0

Прочностные характеристики гранул близки к стандартной марке аммофоса 12:52, полученной в тех же условиях из упаренной ЭФК (статическая прочность гранул диаметром 2,5 мм - 3,0 -4,0 МПа).

Как показывают исследования, гигроскопическая точка образцов аммофоса мало зависит от изменения мольного отношения  $\text{N}/\text{P}_2\text{O}_5$  и находится в диапазоне 70-74%. Эти данные соответствуют приведенным в работе [1]: гигроскопические точки составляют: аммофос - 68-70%, диаммонийфосфат – 72-74%.

Таким образом, в результате проведенных лабораторных исследований экспериментально доказана возможность получения из осветленной неупаренной и упаренной ЭФК концентрированных марок аммофоса, содержащих 55-57%  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 12-13% N в зависимости от качества исходной кислоты и степени её аммонизации. При этом физико-механические характеристики гранул полученных продуктов близки к аммофосу марки 12:52, полученному в лабораторных условиях на основе стандартной по содержанию взвесей (неосветленной) ЭФК.

Выполненные параллельно с экспериментальными исследованиями аналитические расчеты по методике НИУИФ состава аммофоса, исходя из химического состава исходной кислоты и степени её аммонизации, подтверждают хорошую сходимость экспериментальных и аналитических данных.

Как правило, расчетный состав аммофоса (содержание  $P_2O_5$  и N), выполненный на основе химического состава исходной осветленной ЭФК при заданных величинах мольного отношения  $NH_3/H_3PO_4$  и влажности продукта, отличается от аналитически найденного в пределах точности определения питательных веществ в продукте. Последнее свидетельствует о бесспорной возможности применения данной методики для определения содержания питательных веществ в аммофосе по данным химического состава исходной ЭФК.

Известно, что при производстве аммофоса на основе осветленной ЭФК (т.е. по сути при фиксированном содержании взвешенных веществ) основными факторами, определяющими химический состав получаемого продукта, являются содержание сульфат-иона и фтористых соединений в исходной кислоте, которое напрямую зависит от наличия стадии концентрирования ЭФК.

Расчетные максимальные содержания сульфат-иона в осветленной упаренной кислоте из апатитового концентрата (53%  $P_2O_5$ , содержание взвешенных частиц 0,4%) и необходимые величины мольного отношения  $NH_3/H_3PO_4$  для получения концентрированных марок аммофоса (при влажности 1,5%) представлены ниже.

Критерием выхода на требуемую марку аммофоса по содержанию питательных веществ принималось номинальное содержание  $P_2O_5$  и азота без традиционных запасов, точно соответствующие марке продукта (например, для марки 12:56 расчетные содержания  $P_2O_5$  и азота составляли точно 120% и 56,0%, соответственно). Это обосновано прогнозируемой стабилизацией качества исходной осветленной ЭФК для производства удобрений за счет уменьшения содержания взвешенных примесей [8].

Из приведенных данных видно, что получение концентрированных марок аммофоса 12:57 и 13:56 из упаренной ЭФК, подвергнутой осветлению до содержания взвесей 0,4%, требует содержания сульфат-иона в пересчете на  $SO_3$  на уровне 2,0-2,2% и мольного отношения  $NH_3/H_3PO_4$  около 1,02 и 1,13, соответственно, а получение марки 12:56 - содержания  $SO_3$  на уровне 3,2% при мольном отношении около 1,01.

В зависимости от типа промышленных процессов и с учетом существующего типичного состава упаренной полугидратной ЭФК при организации её осветления до содержания взвесей 0,4% возможен выпуск следующих концентрированных марок аммофоса:

- марки 12:56 на основе упаренной полугидратной кислоты, полученной с использованием как ординарного двухзонного (содержание  $\text{SO}_3$  при проведении процесса экстракции около 2,5%), так низкосульфатного (содержание  $\text{SO}_3$  при проведении экстракции—15-18%) режимов производства с введением для корректировки состава продукта в производство удобрений серной кислоты с расходной нормой 5-23 кг/т  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;
- марок 12:57 и 13:56 на основе упаренной полугидратной ЭФК, полученной в низкосульфатном режиме производства слабой кислоты.

Таким образом, с точки зрения максимального увеличения содержания питательных веществ в концентрированных марках аммофоса оптимальной является полугидратная ЭФК, полученная при низкосульфатном режиме. Получение марок аммофоса 13:56 и 12:57 из упаренной полугидратной ЭФК в варианте ординарного двухзонного режима потребует снижения содержания сульфатов до 2,0-22% в пересчете на  $\text{SO}_3$ . Возможность устойчивой работы полугидратной системы на указанных режимах подтверждается многолетним опытом эксплуатации полугидратных систем производства ЭФК ОАО «Воскресенские минеральные удобрения» и полугидратных систем ОАО «Аммофос» в периоды наработки ЭФК для получения суперфосфорной кислоты, перерабатываемой в дальнейшем в жидкие комплексные удобрения.

Обеспечение выпуска марки 12:56 из упаренной полугидратной ЭФК может проводиться и без ввода серной кислоты для корректировки состава продукта посредством изменения и стабилизации сульфатного режима в производстве слабой ЭФК на необходимом уровне при использовании ординарного двухзонного процесса.

Расчетные максимальные содержания сульфат-иона в осветленной неупаренной полугидратной кислоте из апатитового концентрата (36,5%  $\text{P}_2\text{O}_5$  содержание взвешенных 0,4%) и необходимые величины мольного отношения  $\text{H}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$  для получения концентрированных марок аммофоса (при влажности 1,5%) из слабой осветленной упаренной ЭФК приводятся ниже (табл.10).

Приведенный анализ показывает, что получение концентрированной марки аммофоса 12:55 непосредственно из неупаренной полугидратной ЭФК, подвергнутой осветлению до содержания взвесей 0,4%, требует содержания сульфат-иона в пересчете на  $\text{SO}_3$  на уровне 1,5% при выпуске продукта в мольном отношении  $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$  около 1,01, а получение марок 12:56 и 13:55 на основе осветленной слабой полугидратной ЭФК требует содержания  $\text{SO}_3$  в ней в интервале 15-1,8%, последующего концентрирования кислоты и поддержания мольного отношения  $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$  в продуктах на уровне 1,02 и 1,12, соответственно.



**Расчетные максимальные содержания сульфат-иона в осветленной неупаренной полугидратной кислоте из апатитового концентрата и необходимые величины мольного отношения  $NH_3/NH_4PO_4$  для получения концентрированных марок аммофоса из слабой осветленной упаренной ЭФК**

Марка аммофоса	Содержание $SO_3$ , %	Мольное отношение $NH_3/NH_4PO_4$ в продукте
12:55*	1,5	1,01
12:56**	1,5	1,02
12:56***	1,6	1,02
13:55***	1,8	1,12

\*- непосредственно из слабой полугидратной ЭФК;

\*\* - при последующем концентрировании 70% слабой осветленной полугидратной ЭФК до содержания  $P_2O_5$  53%.

\*\*\*- при последующем концентрировании всего объема слабой осветленной полугидратной ЭФК до содержания  $P_2O_5$  53%.

Возможность обеспечения содержания сульфат-иона в неупаренной полугидратной ЭФК на указанных выше уровнях (15-18% в пересчете на  $SO_3$ ) подтверждается реальной работой систем ЭФК в ОАО «Воскресенские минеральные удобрения» и ООО «Балаковские минеральные удобрения».

При использовании неупаренной полугидратной ЭФК, полученной при ординарном двухзонном процессе производства (содержание  $SO_3$  в слабой ЭФК на уровне 1,8%), принципиально возможен выпуск только марки 13:55, при низкосульфатном режиме производства (содержание  $SO_3$  в слабой ЭФК на уровне 1,5-1,6%) — любых приведенных выше марок аммофоса при введении в процесс производства серной кислоты с расходной нормой до 14 кг/т  $P_2O_5$ .

Промышленные исследования по производству концентрированных марок аммофоса проводились в ОАО «Аммофос» на системе с аппаратом БГС. Опытная схема включала следующие основные стадии:

- прием и хранение фосфорсодержащего сырья;
- одноступенчатую нейтрализацию фосфорной кислоты в смеси с абсорбционными стоками жидким аммиаком в двух трубчатых реакторах;
- гранулирование фосфатной пульпы и сушку продукта в аппарате БГС (диаметр - 4м, длина-22м);
- классификацию высушенных гранул и дробление крупной фракции;
- охлаждение готового продукта в барабане;
- абсорбционную очистку газов.

В процессе испытаний была отработана технология получения аммофоса марки 13:56 из осветленной упаренной полугидратной ЭФК.

На основании технологических расчетов и лабораторных исследований в существующую технологию производства аммофоса были внесены следующие изменения:

- исключен ввод серной кислоты;
- установлен показатель величины мольное отношение  $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$  в готовом продукте на уровне 112-113;
- ограничена производительность системы при производстве опытного продукта до 30- 35 т/ч.

Фактически отработанное время в экспериментальном режиме составило 29 ч, средняя производительность системы - около 30 т/ч по готовому продукту.

Сопоставление основных параметров производства аммофоса марки 12:52 и опытной марки 13:56 представлено в табл. 11.

В связи с прогнозируемыми на основании литературных данных проблемами с возможным измельчением продукта при выпуске удобрений на основе ЭФК при уменьшении содержания в ней примесей работа газовой топки промышленной схемы была планомерно настроена на понижение температуры газов на входе в БГС, т.е. на более мягкий режим сушки (последнее способствует процессу укрупнения продукта).

Обеспечение стандартной влаги (около 8%) в пульпе фосфата аммония, направляемой на сушку и гранулирование в аппарат БГС, было достигнуто путем планомерного повышения содержания  $\text{P}_2\text{O}_5$  в смеси на нейтрализацию с 44 до 47% путем уменьшения количества подпитки системы водой. Это дало возможность скомпенсировать уменьшение теплового эффекта процесса нейтрализации из-за отсутствия ввода в процесс  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , снижения содержания сульфатов в исходной ЭФК и дополнительный расход тепла на нагрев исходной ЭФК.

Работа в период испытаний со стандартной влажностью пульпы на входе в БГС при описанном выше режиме сушки показала, что технологическая система работает в режиме укрупнения продукта на выходе из БГС. Для «замеления» продукта были предприняты следующие оперативные меры:

- произведено снижение нагрузки до 30 т/ч;
- увеличен расход природного газа (на 20 отн. %) с соответствующим снижением влажности продукта из БГС до 11%.

В результате изменений в режиме производства достигнут устойчивый процесс гранулирования продукта (средний выход товарной фракции 2-5 мм после БГС - около 80%).

**Сравнительные данные по производству аммофоса марок 12:52 и 13:56 по схеме с аппаратом БГС при одностадийной нейтрализации в ОАО «Аммофос»**

Наименование параметра	МАФ 12:52 (данные обследований)	МАФ 13:56 (опытный режим)
1. Производительность, т/ч	36	30
2. Расход H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> на производство, т МНГ/ч	0,75	0
3. Параметры исходной ЭФК		
Содержание, %		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	53,2	54,5
SO <sub>3</sub>	3,5	2,3
F	0,40	0,38
взвеси	3,6	0,4
Температура, °С	50	5
4. Параметры готового продукта:		
Содержание, %		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	52,2	56,6
N	13,2*	12,8
H <sub>2</sub> O	1,3	1,1
Мольное отношение NH <sub>3</sub> /H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,14	1,11
Гранулометрический состав		
Содержание фракции, %		
менее 2 мм	0,7	0,7
2-5 мм	98,9	97,9
5-6 мм	0,4	1,4
более 6 мм	0	0
Физико-механические свойства «свежего» продукта:		
Статическая прочность (гранулы d=3 мм, МПа)	6,3	6,2
Пылимость (необработанный продукт), г/т	126	135
Истираемость, г/т мин	35	12
5. Параметры жидкости на нейтрализацию:		
плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,53	1,56
содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %		47,2
6. Параметры сушки и гранулирования		
Влажность пульпы на входе в БГС (расчет), %	8	9
Температурный режим сушки, °С:		
вход газов	320	284
выход газов	100	100
Температура продукта, °С	98	97
Расход природного газа, м <sup>3</sup> /ч	405	473
7. Параметры абсорбционной жидкости:		
плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,37	1,43
мольное отношение NH <sub>3</sub> /H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,34	0,53

\* - увеличенное содержания азота в марке аммофоса 12:52 является типичной ситуацией для ОАО «Аммофос» и обусловлено поддержанием качества готового продукта по гранулометрическому составу при существующей схеме производства.

Необходимо отметить, что устойчивый процесс гранулирования аммофоса марки 13:56 достигнут при существенном снижении содержания примесей (не фосфатов аммония) в готовом продукте. Выполненные расчеты показывают, что общее содержание примесей в МАФ марки 13:56 относительно марки 12:52 снизилось с 15,5 до 88 абс. % за счет:

- снижения содержания сульфата аммония на 50 отн. % (с 7,4 до 3,7 абс. %);
- уменьшения содержания взвешенных веществ из ЭФК на 89 отн. % (с 3,6 до 0,4%).

Указанный факт является достаточно интересным и новым и изменяет сложившееся в научно-технической литературе [5,6] в течение многих лет представление о важной роли примесей, содержащихся в ЭФК (в частности, сульфатов и взвесей), на процесс гранулирования фосфатов аммония. В настоящей работе экспериментально доказана возможность проведения стабильного процесса гранулирования продукта при существенном снижении содержания сульфатов и взвесей в исходной ЭФК.

При уменьшении подпитки системы водой плотность абсорбционных растворов в период испытаний была несколько увеличена с 1,37 до 1,43 т/м<sup>3</sup>, что не привело к серьезным проблемам с работой системы абсорбции и её эффективности.

При выпуске МАФ марки 13:56 выделение аммиака, пыли и фтористых соединений от основных стадий (сушка и гранулирование, охлаждение) сопоставимо с производством стандартного МАФ по существующей технологии.

Первичные исследования физико-механических свойств не обработанного обеспыливающими агентами продукта показали, что МАФ марки 13:56 обладает показателями прочности, пылимости и истираемости, близкими к стандартной марке аммофоса 12:52. Качество аммофоса марки 13:56 по гранулометрическому составу близко к стандартной марке (содержание товарной фракции 2-5 мм – около 98%). Всё это подтверждается исследованиями по длительному хранению продукта [8].

Небольшое изменение в полученной марке концентрированного аммофоса в сторону увеличения содержания P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> при уменьшении содержания азота (марка 12,8:56,6) обусловлено пониженной величиной мольного отношения NH<sub>3</sub>/H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> в готовом продукте от планового (1,11 вместо 1,12 – 1,14), что связано с ограниченным временем промышленных испытаний.

Проведенные промышленные испытания позволяют говорить о высокой устойчивости процесса производства аммофоса из осветленной упаренной полугидратной кислоты, поскольку практически без затрат времени на освоение процесса в соответствии с расчетом получен

высококонтцентрированный качественный аммофос.

Имеется также устойчивая тенденция на стабилизацию процесса производства аммофоса из осветленной ЭФК за счет уменьшения наименее управляемой переменной примеси в исходной кислоте — взвешенных веществ. Это создает реальные предпосылки для создания надежной, полностью автоматизированной системы управления технологическим процессом.

Таким образом, в результате проведения комплекса исследований по получению сверхконцентрированных марок аммофоса на основе фосфорной кислоты, полученной из хибинского апатитового концентрата:

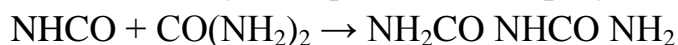
- показана реальная возможность получения из осветленной слабой и упаренной полугидратной ЭФК следующих марок аммофоса: 12:54, 12:55, 12:57, 13:54 и 13:56;
- определены максимальные содержания сульфат-иона при остаточном содержании взвешенных примесей 04% в осветленных полугидратных фосфорных кислотах (неупаренной, упаренной и неупаренной, подвергнутой концентрированию), а также необходимые величины мольного отношения  $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$  для получения различных концентрированных марок аммофоса;
- доказана возможность осуществления эффективного процесса гранулирования продукта при значительном снижении содержания взвесей и  $\text{SO}_3$  в исходной ЭФК без добавок  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

#### ***2.4. Производство сложных карбамидо-фосфатных удобрений***

Карбамид  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  - диамид угольной кислоты, называемый мочевиной, в чистом виде представляет собой не имеющие запаха бесцветные кристаллы, плавящиеся при 132,4 °С. Технический карбамид - белые или желтоватые кристаллы, имеющие форму иглообразных ромбических призм. Сухой карбамид при нагревании под атмосферным давлением выше температуры плавления разлагается с выделением аммиака. Механизм его разложения предполагается следующий. Вначале карбамид изомеризуется в цианат аммония, который диссоциирует на циановую кислоту и аммиак:



Циановая кислота, взаимодействуя с карбамидом, образует биурет:



При более сильном нагревании биурет разлагается на аммиак и циановую кислоту, полимеризующуюся в циануровую кислоту  $(\text{HNCO})_3$ , которая образует с выделившимся аммиаком амиды и имиды циануровой кислоты. В

присутствии избытка аммиака разложение карбамида приостанавливается, добавка нитрата аммония приводит к стабилизации карбамида

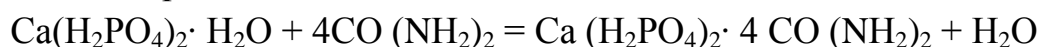
Карбамид хорошо растворяется в воде, спирте и аммиаке. Насыщенный водный раствор при 20<sup>0</sup>С содержит 51,83%, при 60<sup>0</sup>С - 71,88%, при 120<sup>0</sup>С - 95% CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>. Выше 130 °С в водном растворе карбамид разлагается на аммиак и двуокись углерода. С аммиаком карбамид образует соединение (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO·NH<sub>3</sub>, содержащее 77,9% карбамида и 22,1% аммиака, плавящееся при 46 °С. С повышением температуры растворимость карбамида в аммиаке значительно увеличивается; выше 30<sup>0</sup>С растворимость карбамида в жидком аммиаке больше, чем в воде.

С кислотами карбамид образует солеобразные соединения: нитрат CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>·HNO<sub>3</sub>, малорастворимый в воде, при нагревании разлагающийся со взрывом; фосфат CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, хорошо растворяющийся в воде, но при этом полностью диссоциирующий, и др. С солями карбамид образует комплексные соединения. Большой интерес представляют, в частности, те из них, в которых оба компонента являются удобрениями, например Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>. При взаимодействии карбамида с монокальцийфосфатом образуются фосфат карбамида и дикальцийфосфат [7].



Проектирование установок по производству высококонцентрированных РК удобрений на основе карбамида долгое время представляло проблему из-за высокой растворимости и гигроскопичности сырьевых компонентов. Известно, что для гранулирования смеси этих реагентов требуется определенное количество жидкой фазы - обычно около 15% [9].

Из-за того, что гидратированные соли карбамида и суперфосфатов при гранулировании выделяют связанную воду с образованием жидкой фазы в соответствии с реакцией:



обеспечить такое количество влаги в смеси представляется трудной задачей.

В табл. 12 показана растворимость различных солей удобрений наиболее широко используемых при производстве РК удобрений на основе карбамида. Известно, что растворимость всех материалов увеличивается с повышением температуры: карбамид является наиболее растворимым из всех компонентов применяемого сырья.

Помимо этого на параметры процесса оказывают влияние:

- качественные и физические свойства сырья;
- температура, влажность продукта, pH среды при гранулировании;
- конструктивные особенности аппаратов, включенных в состав установки.

**Растворимость сырьевых материалов, г/100 г раствора**

	25 °С	50 °С	75 °С	100 °С
Карбамид	55	67	79	88
МАФ	30	41	52	63
ДАФ	42	48	53	59
Углекислый калий	26	30	33	36

Источник: Ivell, Jacobs Engineering

Поскольку требуемая влажность к сырью для гранулирования продуктов должна быть очень низкая, подачу воды в гранулятор необходимо ограничить до минимума. Следует также ограничить температуру материала, выгружаемого из гранулятора.

Температура сушки сложных удобрений на основе карбамида и суперфосфата должна быть ниже, чем для МАФ/ДАФ, при этом требуется более мощный поток воздуха для обеспечения требуемой температуры и влажности производимого удобрения. На практике температура воздушного потока на входе составляет 100-140 °С и 75-85 °С на выходе в зависимости от марки удобрения.

Смеси продуктов очень гигроскопичны при критической относительной влажности (КОВ). КОВ - эта влажность атмосферы, выше которой продукт будет спонтанно поглощать влагу и ниже которой продукт начинает засыхать. Часто КОВ ниже 40% при температуре окружающей среды. КОВ снижается по мере повышения температуры, это влияет на скорость сушки продукта. Производимый продукт может слёживаться. Возможна агломерация и комкование продукта после нескольких недель его хранения.

**Конструктивные особенности установки**

При выборе конструкции и параметров аппаратов для гранулирования и сушки продуктов руководствовались следующим:

- поскольку преобладающий метод гранулирования сложных карбамидо-фосфатных удобрений заключается в агломерации, гранулятор должен иметь большую длину, чтобы увеличить время пребывания продукта в сушильном барабане.

Ввиду того, что у смесей низкая величина КОВ, требуются большие воздушные потоки для оптимального режима гранулирования, барабаны должны иметь больший диаметр.

Количество газа, которое используется в установках по производству

удобрений, должно быть больше, чем на установках по выпуску ДАФ/МАФ. Поскольку температура сушки должна быть значительно ниже температуры, которая используется для сушки ДАФ/МАФ, время пребывания продукта в сушильном барабане должно увеличиться. Влажность готового продукта должна быть менее 1,0%, чтобы предотвратить слеживаемость и обеспечить достаточную прочность. Следовательно, для получения продукта с хорошими свойствами необходим сушильный барабан больших габаритных размеров, устанавливаемый с более низким наклоном или аппарат, который работает на пониженных скоростях вращения. Скорость прохождения газа через сушилку должна быть менее чем 4,0 м/с, чтобы предотвратить чрезмерный унос пыли. Следует отметить, что повышенное количество карбамида в скрубберной системе вызывает вспенивание.

Существует риск, что выгружаемый из сушилки продукт может слипаться, особенно, если гранулы превышают стандартный размер, для охлаждения предпочтительно использовать вращающийся барабанный холодильник в отличие от холодильника кипящего слоя, поскольку в нем ограничен контакт воздуха с твёрдыми частицами. Кроме того, требуется меньше воздуха на тонну производимого продукта, потому что вращающийся барабан является аппаратом противоточного типа, а холодильник кипящего слоя - поперечного потока.

До начала 1970-х годов основными источниками азота в гранулированных NP и NPK удобрениях были нитрат аммония, сульфат аммония и аммиак. В те годы был достигнут значительный прогресс в производстве карбамида, что заставило некоторых европейских производителей развивать производство сложных карбамидо-фосфатных удобрений. Первые установки имели относительно небольшую производительность и производили, в основном, NPK удобрения марок 11-11-11, 15-15-15, 18-9-9 и 20-10-0. Основное сырьё состояло из дробленого приллированного карбамида, простого суперфосфата, моноаммонийфосфата, хлористого калия и аммиака, и, в некоторых случаях, небольшого количества серной кислоты. Все указанные компоненты вступали в реакцию с аммиаком. Для производства сложных карбамидофосфатных удобрений использовался известняк ( $\text{CaCO}_3$ ), чтобы контролировать величину рН.

Известно, что величина рН имеет важное значение в производстве сложных карбамидо-фосфатных удобрений на стадиях гранулирования и сушки. Так, например, в грануляторе при величине рН 4,1 и большой скорости гранулирования было отмечено формирование гранул большого размера в сушилке. При величине рН 4,5 гранулирование отличалось стабильностью, но в



сушилке постоянно образовывались наросты. При величине рН 4,6 гранулирование шло хорошо, образование наростов в сушилке уменьшилось или полностью прекратилось.

Установка по выпуску сложных карбамидо-фосфатных удобрений в Турции с производительностью 40 т/час выпускает различные марки РК удобрений на базе карбамида и порошкообразного МАФ. Величина рН в ходе процесса гранулирования поддерживается на уровне 4,6-4,9, рабочая температура составляет 75-80°C. Влажность продукта была в среднем 2,1-2,3%. Однако и в этих условиях возникла проблема в том, что удобрение основной марки 20-20-0 плохо гранулировалось. Даже при использовании размолотого карбамида качество гранулирования оставалось неудовлетворительным. В связи с этим были предприняты попытки гранулировать продукт в сушилке с повышением температуры на выходе до 115°C.

В итоге удалось решить проблемы гранулирования продукта путём изменения последовательности добавления жидкого материала в гранулятор, а именно: сначала добавляли серную кислоту, затем аммиак, для создания низкой рН, которая способствовала началу процесса гранулирования. Для нейтрализации и нагрева добавляли аммиак и пар.

Позднее другая установка по производству сложных карбамидо-фосфатных удобрений была введена в строй на Ближнем Востоке, проектная мощность которой составляла 48 т/час NP и NPK удобрений. Установка была оборудована дробилкой для размола карбамида, но из-за своих больших габаритов не вписывалась в рабочее пространство и при работе наполняла цех мелкими частицами белого порошка. На установке можно было использовать «горячий» непосредственно произведённый порошкообразный или «холодный» продукт со склада. Обычно в качестве исходного материала использовали «холодный» продукт. Однако «холодный» МАФ слёживался при хранении и препятствовал эффективному производству в полном масштабе.

Показано, что на установках, где использовали растворы карбамида (в отличие от расплавов карбамида и/или растворов фосфата аммония из трубчатых реакторов) требовалось повышение температуры и, кроме того, более низкое содержание свободной влаги и повышенные содержания ретура.

### **Технологическая схема**

Одна из зарубежных фирм, обобщив опыт работы вышеупомянутых установок, сделала следующие выводы:

- Использование твердого гранулированного карбамида потребует установки дробилки. При использовании приллированного карбамида в этом нет

никакой необходимости.

- Следует обеспечить в достаточных количествах аммиак и серную кислоту, чтобы поддерживать температуру в грануляторе до 80°C (минимум).
- Есть преимущества в использовании горячего ретура как мелкой, так и крупной фракции.
- Рекомендуется использовать сушилку с продолжительным временем пребывания продукта и вентилятор для рассеивания крупных частиц.

Рекомендуется использовать кондиционированный воздух для вращающегося холодильника или холодильника кипящего слоя во избежание увлажнения продукта.

Можно применять следующую базовую технологию для эффективного производства сложных карбамидо-фосфатных удобрений:

- Все твёрдые сырьевые материалы и ретур подаются на сборный транспортёр, затем элеватором на вращающийся гранулятор. Для достижения требуемых условий процесса добавляются  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , пар и жидкость из скруббера.
- Продукт из гранулятора поступает во вращающуюся сушилку, которая работает в проточном режиме, используя горячий воздух из работающей печи.
- Продукт из сушилки выгружается на небольшой ленточный транспортёр, оборудованный электронными весами. С ленты продукт разгружается в бункер, откуда он поступает на грохот с одной декой. Надрешётный материал направляется в дробилку, а мелочь вместе с продуктом направляются на второй грохот с одной декой, на котором установлены два сита разных размеров с нижним затвором управления, который связан с весами. С него продукт небольших фракций уходит в ретур или охладитель.
- Перед нанесением масла на продукт, поступающий из холодильника, он взвешивается, кондиционируется и направляется на склад.

Использование карбамида в виде концентрированного раствора (95%) даёт определённые преимущества перед приллированным и, особенно, гранулированным карбамидом, потому что карбамид распределяется более равномерно внутри каждой гранулы. В результате этого гранулы становятся более твёрдыми без следов явного присутствия карбамида. Однако в этом случае в процессе образуется большое количество жидкой фазы. Таким образом, в случаях, когда МАФ или ДАФ производятся с применением трубчатого реактора или обычного предварительного нейтрализатора, использование раствора карбамида может значительно снизить производительность установки с фиксированными габаритами. Такое

сочетание, по мнению данной зарубежной фирмы, применять не рекомендуется.

Тем не менее, там, где используются твёрдые формы МАФ/ДАФ, можно применять раствор карбамида, по крайней мере, частично в качестве исходного материала. Как было отмечено ранее, приллированный карбамид предпочтительнее гранулированного из-за меньших размеров гранул, что делает ненужным установку дробилки.

Одной из проблем остается необходимость в улавливании пыли из разных воздушных потоков.

Из-за высокой растворимости смеси NPK водный баланс имеет решающее значение. Найти применение воде, которая используется в системе скрубберов, представляет проблему. Единственный способ переработки воды из скруббера в технологическую воду состоит в её использовании для приготовления раствора карбамида. Применяя такую технологию с целью сведения до минимума количества воды, необходимой для осуществления очистки газов, обычно используется камера с рукавными фильтрами на нагнетающей стороне холодильника и воздух, направляемый обратно в сушилку в качестве охлаждающего агента. Следует предпринять специальные меры предосторожности, чтобы собранная пыль в рукавных фильтрах не набирала влагу.

Альтернативой этому может стать система очистки газа с использованием кислоты, но с частичной заменой фосфорной кислоты и аммиака на твёрдый МАФ или ДАФ.

Rotem Amfert Negev - дочерняя компания Israel Chemicals запатентовала технологию производства суперфосфата на базе карбамида, согласно которой размолотый карбамид и размолотая фосфатная руда вступают в реакцию с серной кислотой на одной стадии в присутствии фосфогипса (моногидрат или безводный сульфат кальция). В реакционную смесь можно добавлять фосфорную кислоту. Реагенты в реактор вводятся одновременно. Карбамид размалывается до размера гранул в среднем не более 3 мм, а в идеале их размер не должен превышать 1 мм. Рекомендуется добавлять фосфогипс в количестве от 2 до 10% по отношению к общему весу сырьевых материалов.

### **Новая технология**

С учётом проблем, возникающих при традиционных способах производства сложных карбамидо-фосфатных удобрений, компания Гран Паруа (теперь она называется GPN) разработала технологию нового производства на основе карбамида и фосфатной руды для получения удобрения марки 20-10-0. Кроме карбамида и фосфатной руды используется также серная кислота.

Полученный продукт является почти полностью водорастворимым и его можно гранулировать, как одного, так и вместе с другими материалами такими, как МАФ, ДАФ и КСІ.

Таблица 13

**Состав гранулированных сложных карбамидо-фосфатных удобрений марки 20-10-0, произведённых по технологии компании GPN**

Общий азот	20,90
Азот карбамидный	19,30
Азот аммиачный	1,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общий	10,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> водорастворимый	9,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> растворимый в цитрате	9,70
SO <sub>3</sub>	16,10
H <sub>2</sub> O	1,00

При подготовке смесей карбамида, серной кислоты и воды в соответствии с мольными соотношениями 3,6:1,1 и 1,8:1,1 происходит выделение большого количества тепла. В первом случае выделяется меньше тепла, чем во втором. Выбрано мольное соотношение 3.6:1.1, компания GPN сумела создать реагент в стабильных и надёжных условиях при температуре 60-70°C, который сохраняет однородные и стабильные свойства в течение длительного времени в диапазоне температур от 30 до 50°C и легко перекачивается.

При подкислении фосфатной руды выбрано мольное соотношение – 2,8 моля серной кислоты на 1 моль P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> руды. Это обеспечивает стабилизацию 95% фосфатной руды. Такое соотношение можно регулировать в зависимости от специфических примесей в фосфатной руде.

Компания GPN провела испытания этой технологии с использованием фосфатного сырья нескольких месторождений, включая сырьё из Китая, Израиля, Марокко, Сирии, Мексики и Сенегала.

Во время процесса гранулирования можно добавлять другие питательные компоненты и микроэлементы.

Лабораторные исследования позволили компании GPN оптимизировать карбамидо-серноокислотный реагент, определить условия его подготовки, разработать метод по прогнозированию и определению условий подкисления фосфатной руды и определить основные продукты, образующиеся в ходе реакции.

Что касается производства любых суперфосфатов, то технологические операции по производству сложных карбамидо-фосфатных удобрений

следующие:

- степень размола руды;
- соотношение реагента и фосфатной руды;
- температура реагента.

Полномасштабное производство сложных карбамидо-фосфатных удобрений по технологии компании впервые началось на её мощностях по выпуску простого/тройного суперфосфата. Основная проблема состояла в установке реактора для подготовки карбамидо-сернокислотной смеси. Эффективность смешивания в этом реакторе являлась критической точкой для процесса, чтобы добиться растворения приллированных гранул карбамида, обеспечить теплопередачу и избавиться от выделения тепла при экзотермической реакции, поддержать однородный состав компонентов реактора при эвтектическом составе.

Вторая главная проблема состояла в осуществлении контроля над расходом сырья. Впоследствии стали регулировать добавление смеси в фосфатную руду. С учётом того, что реакция фосфатов со смесью проходит более спокойно по сравнению с ранее применявшимся простым суперфосфатом, не было необходимости в регулировании очистки газа.

После гранулирования получился продукт 20-10-0, который также использовался как сырьё для получения других марок удобрений таких, как 17-17-0 и 4-7-14. По информации компании GPN, не было особых трудностей в использовании сложных карбамидо-фосфатных удобрений. По сравнению с предыдущими технологиями простого суперфосфата улучшилась сушка продукта, потому что содержание свободной воды в сложных карбамидо-фосфатных удобрениях составляло менее 4%, что значительно ниже по сравнению с другими суперфосфатами.

### **Применение разработанной технологии**

Технология компании GPN применяется на одной установке во Вьетнаме. Эта установка производит только сложные карбамидо-фосфатные удобрения, которые продаются порошковидными, гранулированными. Гранулирование осуществляется прессованием или порошки применяют в качестве исходного сырья для производства РК удобрений. Технология состоит из трёх стадий:

- подготовка подкисляющего реагента;
- подкисление фосфатной руды реагентом;
- очистка стоков.

На первой стадии карбамид в твёрдом виде (приллированный или гранулированный) подаётся из раздаточного бункера и направляется на весовой дозатор. Из емкости-хранилища перекачивается серная кислота в смесительную

ёмкость, заполняемую пропорционально количеству карбамида. добавляется определённое количество технологической воды пропорционально предыдущим потокам материалов, чтобы получить мольное соотношение 3,6:1,1. Мешалка смесительной ёмкости обеспечивает дисперсию и растворение карбамида и вместе с тем поддерживает постоянную концентрацию и температуру на протяжении смешивания.

Змеевик, в который поступает охлаждающая вода, регулирует температуру реакции. Тот же самый змеевик, в который поступает горячая вода (конденсат), позволяет быстрее достичь нормальных рабочих условий при пуске. Температура реакции стабилизируется в пределах 60-70°C.

На стадии подкисления размолотая руда поступает из бункера-хранилища на весовой дозатор. Реагент непрерывно перекачивается из смесительной ёмкости с контролируемой скоростью, которая устанавливается и регулируется пропорционально потоку сырья. Руда и реагент направляются в смесительную ёмкость с лопастной мешалкой. Материал из смесительной ёмкости выгружается непосредственно в гранулятор, который представляет собой вращающийся, слегка наклонённый барабан с регулируемой скоростью вращения от 0,5 до 1,5 оборотов в минуту. Время пребывания материала зависит от перерабатываемой фосфатной руды. Гранулятор футерован резиной, что предотвращает образование наростов. Вентилятор отсасывает отходящие газы из смесительной ёмкости и гранулятора, а тяга воздуха позволяет регулировать содержание влажности и температуру продукта.

Производится полная очистка стоков. Отходящие газы проходят очистку в аппарате, сконструированном из скруббера Вентури и циклонов. Газы проходят через скруббер Вентури, где разбрызгивается скрубберная жидкость, которая подаётся в циклонную колонну. Здесь газы встречаются с брызгами скрубберной жидкости, которая течёт противотоком. Уровень жидкости в колонне поддерживается постоянным с помощью подачи свежей подпиточной воды. Плотность скрубберной жидкости регулируется путём возврата некоторого её количества обратно в смесительную ёмкость, где происходит подготовка реагента.

На вьетнамской установке перерабатывается руда из различных источников, включая Алжир, Израиль и Иорданию. Продукт хранится навалом на складе. Хранить сложные карбамидо-фосфатные удобрения намного легче, чем карбамид, потому что они не содержат его в свободном виде. Продукт подвергают грохочению. Крупную фракцию материала размалывают и возвращают на грохота. Продукт требуемого размера поступает на продажу как гранулированный, а продукт размером ниже номинального продают

порошковидным или используют в качестве исходного сырья для производства удобрений NPK.

Технология компании GPN по производству сложных карбамидо-фосфатных удобрений нашла своё третье применение на филиппинской установке. Первоначально установка предназначалась для производства только простого суперфосфата с производительностью около 10 т/час. Установку модернизировали, в два раза увеличив её мощность по выпуску простого суперфосфата и сложных карбамидо-фосфатных удобрений. После модернизации конструкция установки стала аналогичной вьетнамской. Были определены оптимальные параметры процесса в условиях жаркого филиппинского климата и высокой влажности (25-35°C и относительная влажность 80-90%). Составы сложных карбамидо-фосфатных удобрений показали хорошие свойства в условиях хранения навалом до 200 кг/т карбамидо-фосфатных удобрений в NPK. При больших количествах (более 250 кг/т) продукт может слеживаться.

Преимущества технологии, разработанной компанией GPN по производству сложных карбамидо-фосфатных удобрений:

- нулевые жидкие стоки, почти нулевые выбросы фтора;
- не применяется технология использования фосфорной кислоты;
- технология прошла полные испытания;
- грануляционные установки можно модернизировать с применением технологии по производству сложных карбамидо-фосфатных удобрений;

Технология производства сложных карбамидо-фосфатных удобрений является также экономичной, при которой сокращение производственных затрат составляет 10-30% по сравнению со стандартными технологиями гранулирования удобрений NPK. Затраты сокращаются на 10%, если основное количество азота используется как аммиачный азот, а снижение затрат на 30% имеет место, если весь азот, используемый в стандартной технологии, является карбамидным.

Достигается экономия энергоресурсов при использовании непосредственной технологии по производству сложных карбамидо-фосфатных удобрений в результате следующего:

- применение концентрированной серной кислоты делает ненужным разбавлять её до 70-75%, как в случае производства простого суперфосфата. Поэтому отсутствует потребность в расходе охлаждающей воды, потому что влажность продукта намного меньше и составляет 3-4% против 10-12% при производстве простого суперфосфата;
- если требуется гранулировать сложные карбамидо-фосфатные удобрения, то экономия энергии на сушку на единицу  $P_2O_5$  составляет 40%.

Капитальные затраты на эксплуатацию установки производительностью 30 т/час по производству сложных карбамидо-фосфатных удобрений, включая размол сырья, составляет приблизительно 6,5 млн евро (цены 2005 г.), из которых затраты на дробильное оборудование составляют около 3 млн евро. Модернизация установок простого и тройного суперфосфата на производство сложных карбамидо-фосфатных удобрений несложная и малозатратная, включает установку цилиндрической ёмкости или транспортёрной ленты для вулканизации. В большинстве случаев модификация установки будет в основном, ограничиваться монтажом добавочного оборудования по подготовке реагента.

Суммарные инвестиционные и эксплуатационные затраты использования технологии производства сложных карбамидо-фосфатных удобрений значительно ниже по сравнению с затратами других технологий по производству удобрений с таким же составом как 20-10-0. Сегодня эта технология компании GPN доказала свою эффективность.

## **2.5. ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОСОРТНЫХ ФОСФАТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РК-УДОБРЕНИЙ [10]**

Интенсивное развитие сельского хозяйства предусматривает внесение в почву высоких доз минеральных удобрений. Каждому растительному организму жизненно необходимы как основные элементы питания, так и микроэлементы.

В ассортименте минеральных удобрений, применяемых в Российской Федерации за последнее время, произошли наряду с количествами и качественные изменения. Как и во многих странах, в отечественном ассортименте возросли объёмы применения концентрированных форм удобрений (в основном аммофос и диаммонийфосфат) и сократился тоннаж односторонних удобрений (простой и двойной суперфосфат). Это привело к снижению поступлений в почву таких важных элементов питания, как сера и кальций. В перспективе ассортимент концентрированных удобрений будет расширяться с целью снижения затрат на перевозку удобрений и повышения их эффективности. Больше распространение получают азотно-фосфорные и фосфорно-калийные (РК) удобрения.

Нитрат калия (калийная селитра)  $\text{KNO}_3$  — кристаллический бесцветный порошок, плавится при 334 °С. Технический продукт может иметь сероватый оттенок. Выше 338 °С разлагается на нитрит калия  $\text{KNO}_2$  и кислород. В 100 г воды при 20 °С растворяется 31,5 г, при 114 °С — 312 г  $\text{KNO}_3$ .

Нитрат калия используют в производстве дымного (черного) пороха, в



пиротехнике, в пищевой и стекольной промышленности. Он является ценным безбалластным удобрением, содержащим два питательных элемента — азот и калий. Другими преимуществами этого удобрения являются его малая гигроскопичность и физиологическая щелочность.

Согласно ГОСТу, выпускают три сорта калийной селитры. В сельском хозяйстве используют продукт 3-го сорта, который должен содержать не менее 98%  $KNO_3$  и не более 2% влаги. Продукты 1 и 2-го сортов, применяемые для промышленных целей, содержат соответственно не менее 99,8 и 99,5%  $KNO_3$  и меньше 0,1 и 0,2% влаги; в них нормировано также присутствие разных примесей.

Нитрат калия в природе встречается в виде небольших залежей. Искусственным способом, известным с давних времен, калийную селитру получали в так называемых селитряницах из компостов, в которые входили навоз, зола, известь, хворост и др. В результате биохимических процессов с течением времени в таких компостах образовывалась селитра, которую выщелачивали водой и подвергали кристаллизации.

Получение нитрата калия нейтрализацией щелочей азотной кислотой вследствие необходимости затраты дорогого сырья - едкого калия или поташа и азотной кислоты – осуществляют редко. Для нейтрализации берется 30-35% раствор КОН и 50%-я азотная кислота или сухой поташ, содержащий 85-87%  $K_2CO_3$  и около 5%  $KHCO_3$ , и 25-30%-ная азотная кислота. Полученный раствор, содержащий около 30%  $KNO_3$ , выпаривают при 110°C, отфильтровывают от примесей и направляют на кристаллизацию. Кристаллы отфуговывают и высушивают.

Способ получения нитрата калия абсорбцией калийными щелочами нитрозных газов также применяется в ограниченных масштабах из-за дефицитности едкого кали и особенно поташа. Процесс этот аналогичен процессу получения нитрата натрия абсорбцией нитрозных газов содой.

Наибольшее промышленное распространение имеет конверсионный способ получения нитрата калия. Представляет интерес получение его из окислов азота и хлористого калия [7].

Среди РК-удобрений весьма эффективными и перспективными являются метафосфаты калия  $(KPO_3)_n$ , которые являются безбалластными, высококонцентрированными, практически не содержащими хлора. Они могут применяться под любые культуры и на любых почвах. Теоретическое содержание в метафосфате калия 60%  $P_2O_5$  и 40%  $K_2O$ . Метафосфат калия нерастворим в воде, но хорошо растворяется в 2% лимонной кислоте, в аммиачно-цитратном растворе и других кислотах. В почве легко гидролизуется до ортофосфатов, после чего используется растениями.

В отличие от большинства орто- и пирофосфатов калия метафосфаты калия обладают лучшими физическими свойствами, они практически не слеживаются и не гигроскопичны в условиях средней влажности воздуха. По соотношению фосфора и калия метафосфаты близки к требованиям по питанию многих сельскохозяйственных культур и почв. Кроме высокой концентрации и питательных веществ, метафосфаты калия имеют ряд преимуществ как бесхлорные калийные удобрения, которые эффективны и необходимы при выращивании хлорофобных культур (картофель, виноград подсолнечник, лен, гречиха, некоторые овощные и плодоваягодные культуры и др.).

Потребность земледелия РФ в фосфорно-калийных удобрениях составляет —10% от общей потребности фосфорсодержащих удобрений. Особенно остро наблюдается дефицит РК - удобрений в Уральском, Сибирском, Дальневосточном, Центральном и Поволжском регионах.

Бесхлорные РК - удобрения не только способствуют повышению урожая, но и улучшают качество сельскохозяйственных культур, повышают сахаристость плодов, содержание белка, крахмала, ускоряют созревание плодов [9,10].

Метафосфаты калия представляют перспективный интерес и для технических целей. Они используются в качестве компонента моющих средств (детергенты), водоумягчающего средства, составной части специальных стекол и др.

Однако до настоящего времени метафосфаты калия в промышленном масштабе не производятся. Для хозяйственных нужд используется метафосфат калия, произведенный в Китае.

Исследования по получению метафосфата калия проводились в НИУИФ под руководством С.И. Вольфовича в основном на термической фосфорной кислоте с использованием хлористого калия или дорогостоящего карбоната калия. В лабораторных условиях проведены исследования по термической дегидратации монокалийфосфата до получения метафосфата калия. Работы ограничивались наработкой опытных партий для агрохимических испытаний [11].

Основным препятствием для промышленного внедрения являлось использование дорогостоящего сырья и сложность с аппаратурно-технологическим оформлением процесса, а, самое главное, возникающие проблемы с утилизацией отходов производства - хлористого водорода.

В связи с изложенным, нами проведены исследования по разработке безотходной комплексной технологии получения фосфорно-калийных удобрений различного состава в одном технологическом процессе.

Важным вопросом для современного производства является вовлечение в переработку дешевых сырьевых компонентов - бедного фосфатного сырья и хлористого калия.

Исследования по разработке комплексной технологии получения РК-удобрений проводились с использованием полугидратной экстракционной фосфорной кислоты с содержанием 36-37,5%  $P_2O_5$ , флотационного хлористого калия (6,04-61,5%  $K_2O$ ) и бедных фосфоритов - Верхне-Камского и Егорьевского месторождений.

Сущность процесса заключается в разложении хлорида калия полугидратной ЭФК с последующей сушкой и одновременной дегидратацией фосфатной пульпы до получения метафосфата калия. Дегидратация пульпы осуществляется при температуре 340 - 380°C.

Процесс дегидратации может быть осуществлен в распылительной сушилке, с получением продукта в виде порошка, или в сушилке кипящего слоя (КС) с получением гранул. При этом полученный продукт имеет следующий состав:  $P_2O_5$  – 49-52%,  $K_2O$  35-36%, содержание  $Cl^-$  - 0,5-1,2%. В зависимости от состава ЭФК и наличия примесей в сырье метафосфат калия может содержать до 50% водорастворимых форм фосфора и калия.

Выделяющийся на стадии разложения и дегидратации газообразный хлористый водород улавливается водой с получением 17 - 20% абгазной соляной кислоты. Полученная абгазная соляная кислота поступает на вторую стадию процесса — разложение бедного фосфатного сырья - фосфоритов. Норма кислоты на разложение фосфорита составляет 60-70% в расчете на  $CaO$ . Температура разложения 65-70°C. При разложении фосфатного сырья соляной кислотой образуется монокальцийфосфат ( $Ca(H_2PO_4)_2$ ),  $H_3PO_4$  и водорастворимые хлориды кальция, железа, алюминия и других примесей из сырья. Выделившаяся фосфорная кислота далее разлагает остатки фосфата и примесей. Фосфатная пульпа высушивается и гранулируется известными способами. При этом получается фосфорно-кальциевое удобрение, которое содержит более 90% кальция в водорастворимой форме, что способствует более полному и быстрому усвоению кальция растениями.

При добавлении в фосфатную пульпу калийных солей ( $KCl$ ,  $K_2SO_4$  и др.) после разложения фосфорита или при гранулировании можно получить фосфорно-калийные удобрения с соотношением  $P_2O_5 : K_2O = 1:1-1,5$ . Составы удобрений представлены в табл. 14.

Таблица 14

**Составы фосфорно-кальциевых и фосфорно-калийных удобрений, полученных при разложении фосфоритов азотной кислотой**

Фосфатное сырье (фосфориты)	Содержание			Содерж.		Содерж.		Cl, %
	общ.	усв.	вод.	общ.	вод.	общ.	вод.	
Верхнекамский (21,5%)	17,7	17,1	8,6	-	-	26,3	24,2	25,8
Верхнекам. +KCl	13,7	13,2	7,2	13,5	12,8	20,3	18,7	30,1
Егорьевский (19,8% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	15,4	15,2	7,8	-	-	25,6	23,4	26,5
Егорьевский+KCl	12,3	12,1	6,9	13,3	12,5	19,2	17,8	30,4
Каратау (25,1%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	20,4	16,9	14,1	-	-	24,3	23,5	21,9

Таким образом, разработана комплексная, безотходная технология переработки фосфатного и калийного сырья, позволяющая в одном производственном цикле получать два вида фосфорно-калийных удобрений, применяемых для выращивания различных культур.

1. Бесхлорные РК- удобрения (метафосфаты калия), которые применяются для выращивания хлорофобных культур, но могут быть использованы под различные культуры на любых почвах. Бесхлорные метафосфаты калия по эффективности практически равноценны водорастворимым ортофосфатам калия.

2. Фосфорно-калийные и фосфорно-кальциевые удобрения с содержанием 17,8- 24,2% водорастворимого кальция и 22-30% хлора.

Что касается удобрений, содержащих хлор, то в свете последних мировых тенденций, такие удобрения получают большую значимость. Наряду с хлорофобными культурами, о которых сказано выше, есть растения, которые нейтрально относятся к хлору (зерновые, свекла, томаты и целый ряд др.). Кроме того, агрохимически доказано положительное влияние хлора при выращивании таких культур, как гречиха, спаржа, горох, хлопчатник и др. Хлор оказывает большое влияние на водный режим растительных тканей. В условиях засухи хлор предупреждает сильное иссушение ткани листа и его отмирание. Наличие хлора в растениях способствует раннему созреванию листьев и растений в целом.

Фосфорно-калийные и фосфорно-кальциевые удобрения могут использоваться на различных почвах при основном внесении осенью или в подкормку в весенний период.

## **2.6. О состоянии и перспективах производства смешанных минеральных удобрений (тукосмесей) в России [11]**

### **История развития метода сухого тукосмешения и современное состояние**

Одним из методов получения сложных минеральных удобрений является тукосмешение. Этот метод заслуженно получил мировое признание. В России он использовался в послевоенное время и до конца 60-х гг. Затем в период большой химизации сельского хозяйства и строительства крупнотоннажных предприятий по выпуску минеральных удобрений (60-70-е гг.) роль тукосмешения снизилась. Однако в середине-конце 80-х гг. прошлого века для увеличения эффективности использования минеральных удобрений интерес к тукосмешению был восстановлен. В немалой степени этому способствовали практические успехи использования тукосмесей как твердых гранулированных, так и жидких в странах Северной Америки (США, Канада). Наиболее эффективной формой тукосмешения является размещение тукосмесительных установок в непосредственной близости от районов использования и обязательное определение оптимального соотношения питательных веществ на базе агрохимического почвенного мониторинга и учета биоклиматических условий. В этот период производство туков осуществлялось централизованно на базе отраслевых предприятий и региональной сети распространения средств химизации «Сельхоз-химия».

В последние годы практику тукосмешения развивают крупнейшие производители минеральных удобрений, однако только часть имеющихся мощностей целенаправленно ориентирована на внутренний рынок (компании «ФосАгро», Сильвинит).

Ниже в табл. 15 приведены место расположения и принадлежность действующих в России на конец 2007 г. тукосмесительных установок и направление их реализации тукосмесей.

По экспертной оценке доля производства минеральных удобрений методом сухого тукосмешения составляет в России менее 1% от общего объема производства.

Доля потребления тукосмесей составляет в России менее 2% от всего объема потребления сложных удобрений, что катастрофически мало исходя из современного мирового уровня использования минеральных удобрений.

При объективно ограниченном наборе промышленно выпускаемых марок минеральных удобрений, производимых отраслевыми предприятиями, тукосмешение является единственным направлением, отвечающим потребностям растений в сбалансированном питании.

## Тукосмесительные установки в России (2007 г.).

Наименование предприятия	Регион	Владелец	Основная ориентация поставок	Мощность, тыс. т/год	Производство в 2007 г. тыс. т/г
ООО «Регион-Агро-Оскол»	Белгородская обл.	ФосАгро-Регион	Внутр. рынок	-150	19
ООО «Регион-Агро-Волга»	Нижегородская обл.				
ООО «Регион-Агро-Дон»	Ростовская обл.				
ООО «Регион-Агро-Орел»	Орловская обл.				
ООО «ТД Агрохимцентр»	Р. Башкортостан	Сильвинит	Внутр. рынок	200	40
ООО СП "ИПС-ФРИДЛАНД"	Калининградская обл.	Менеджмент	Экспорт	60	н.д.
ЗАО "КАЗ "ВИКА"	Кемеровская обл.	Менеджмент	Внутр. рынок	н.д.	1.5
ОАО «Дорогобуж»	Смоленская обл.	Акрон	Экспорт	н.д.	106
ОАО «Акрон»	Новгородская обл.	Акрон	Экспорт	н.д.	47,5
	Калининградская обл.	Акрон	Экспорт	н.д.	н.д.
ЗАО "Кемира Агро"	Московская обл.	Кемира	Внутр. рынок	н.д.	10
ЗАО "Агропромхимия"	Ленинградская обл.	Проминдустрия	Экспорт	70	12
ЗАО "Зеленоградская агропромхимия"	Калининградская обл.	Сельхозинвест	Внутр. рынок	150	0
ЗАО «АР В И НПК»	Калининградская обл.	Менеджмент	Экспорт	220	15
Неман-Агро	Калининградская обл.	Менеджмент	Экспорт	120	0
ЗАО «ГАЗ-ОЙЛ»	Калининградская обл.	ГАЗ-ОИЛ	Экспорт	50	0
ООО «Фаско+»	Московская обл.	Фаско	Внутр. рынок	н.д.	10

С 2002 по 2005 г. «Акрон» имел самую высокую динамику производства: только на промплощадках в Смоленской и Новгородской областях холдинг увеличил выпуск тукосмесей с 78 до 220 тыс.т. Весь этот объем был отправлен на экспорт. Однако к 2007 г. производство снизилось до 154 тыс.т.

В 1990-е гг. одними из первых развивать тукосмесительное производство стали региональные компании, впоследствии вошедшие в структуру компании ФосАгро. В 1998 г. первая крупнотоннажная тукосмесительная установка начала работу в Орловской области. С тех пор были введены еще три смесительных завода в Белгородской, Нижегородской и Ростовской областях. Всего на

установках региональных структур ФосАгро освоено производство свыше 70 марок тукосмесей. Все установки ориентированы на внутренний рынок.

Холдинг «Акрон» располагает тремя тукосмесительными установками, одна из которых находится в Калининградском морском рыбном порту, а остальные - в Смоленской и Новгородской областях. Основное направление отгрузок с этих установок - поставки в европейские страны. Причиной приоритетности экспортных отгрузок можно назвать высокий спрос на тукосмеси в Европе.

По пути создания тукосмесительных мощностей пошли еще два российских предприятия: «Сильвинит» и Завод минеральных удобрений Кирово-Чепецкого химкомбината (ЗМУ КЧХК). «Сильвиниту» принадлежит 51% в уставном капитале структуры, владеющей тукоустановкой в Башкортостане. Она строилась для реализации продукции в этой республике и близлежащих регионах. Однако из-за низкого спроса на российском рынке в 2005 г. тукосмеси здесь производили только по запросам отдельных заказчиков. За весь 2005 г. на установке «Сильвинита» было выработано не более 1 тыс.т туков. Чтобы максимально загрузить мощности, в 2006 г. в компании приняли решение переориентировать сбыт туков на экспорт. В январе представители предприятия говорили о намерении с весны этого года ежемесячно отгружать на внешний рынок около 20 тыс.т туков. Однако производство в 2006 и 2007 гг. составило порядка 20 и 40 тыс.т соответственно.

На ЗМУ КЧХК установку по производству тукосмесей запустили в январе 2005 г. Менеджмент компании заявляет, что ее мощность, при полной загрузке и в зависимости от вида продукции, варьируется от 150 до 230 тыс.т/г. (150 тыс. - трехкомпонентные и 230 тыс.т - двухкомпонентные смеси). Сейчас производство туков на КЧХК ориентировано на экспорт, однако рассматривается вопрос о реализации тукосмесей и на рынках близлежащих регионов.

На российском рынке также работает крупная мировая компания Kemira GrowHow. В 1999 г. она открыла в Московской области предприятие по производству тукосмесей. Столкнувшись с ограниченностью спроса со стороны АПК, компания заняла большую нишу в сегменте мелкой фасовки. По заявлениям компании «Кемира», на нее приходится более 25% реализации (объемы производства не раскрываются). Большую часть продукции компания выпускает с микроэлементами, что в итоге является ее конкурентным преимуществом.

Тукосмесительную установку в Калининграде имеет и ООО «ИПС-Фридланд» - российское представительство немецкой компании International PolySacks GmbH. По некоторым данным ее мощность составляет до 100 тыс.т/г. (в 2005 г. произведено 65-75 тыс.т). Продукция поставляется в основном в Германию.

На «КуйбышевАзоте» ранее планировалось ввести две установки по выпуску 12 видов смесей мощностью 40 тыс.т/г. каждая, чтобы в 2003 г. начать производство туков. Однако после исследования потребительского спроса топ-менеджмент компании решил отложить проект до 2007-2008 гг. Информации о дальнейших решениях пока нет. «МенделеевскАзот» также планировал несколько лет назад закупить две тукосмесительные установки.

После 1,5-го роста в 2005 г. (около 450 тыс.т) производство тукосмесей в нашей стране начало снижаться и в 2007 г. составило около 250 тыс.т. Несмотря на то, что во всем мире тукосмеси производят в первую очередь для внутреннего рынка, Россия является исключением из этого правила. По оценкам, сделанным на основе статистики ФТС, в 2003-2007 гг. вывозилось 65-85% произведенных тукосмесей. Лидером по объему экспорта остаются холдинг «Акрон». Основные получатели российских тукосмесей - страны Европы с развитым АПК, в том числе Ирландия, Германия, Финляндия и Великобритания.

Доля тукосмесей не превышает 2% всех удобрений, потребляемых сельским хозяйством страны. Больше всего тукосмесей покупают в регионах, где расположены сами установки. В первую очередь, это Калининградская область, значительные объемы туков также приобретают Орловская, Белгородская, Ростовская, Нижегородская области, Башкортостан и Татарстан.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ТУКОСМЕСЕЙ.**

### **I. Сухое тукосмешение**

Основной объем мирового производства тукосмесей приходится на сухие смешанные удобрения. Смешанные удобрения получают при смешивании двух или трех простых негранулированных или гранулированных удобрений на специальных тукосмесительных заводах, на крупных механизированных складах агрохим-центров или непосредственно в хозяйствах. При этом достигается значительная экономия труда и времени на внесение удобрений по сравнению с раздельным внесением и повышается их эффективность, так как все необходимые удобрения вносят в один след, они более равномерно распределяются по полю, отдельные элементы питания находятся в общих очагах. Тукосмеси могут готовиться различного состава, с разным соотношением N:P:K в зависимости от потребностей удобряемой культуры и свойств почвы, времени внесения (табл. 16).

В этом отношении тукосмеси имеют преимущество перед комплексными удобрениями, которые выпускают с содержанием питательных веществ, не всегда подходящим для внесения под культуры и на разных почвах.



Однако не все удобрения можно смешивать друг с другом, так как в результате химических реакций между ними могут происходить нежелательные изменения - ухудшение физических свойств или переход питательных веществ в трудноусвояемые формы.

Таблица 16

**Совместимость удобрений при производстве тукосмесей.**

Сульфат аммония, аммофос, диаммофос	1						1	смешивать можно		
Аммиачная селитра, нитрофоски, азофоски	1	1					<i>n</i>	смешивать можно при определенных условиях		
Натриевая, кальциевая и калийная селитра	2	1	1				3	смешивать нельзя		
Карбамид	1	2	2	1						
Суперфосфаты	2	2	2	1	1					
Фосфоритовая и костяная мука	2	2	2	2	2	1				
Томасшлак, фосфат-шлак	3	3	2	2	3	2	1			
Хлористый калий, сульфат калия, калийная соль	1	2	2	2	2	2	2	1		
Известь, соль	3	3	2	2	3	3	1	2	1	
Навоз, помет	3	3	3	2	1	1	3	1	3	1
Вид удобрения	Сульфат аммония,	Аммиачная селитра, нитрофоски,	Натриевая, кальциевая и калийная селитра	Карбамид	Суперфосфаты	Фосфоритовая и костяная мука	Томасшлак, фосфатшлак	Хлористый калий, сульфат калия	Известь, соль	Навоз, помет

Приготовление тукосмесей необходимо проводить с учетом потребности отдельных культур в определенном соотношении питательных веществ, а также свойств почвы и способов внесения удобрений (табл. 17).

Для приготовления тукосмесей с высоким общим содержанием питательных веществ и хорошими физическими свойствами необходимо использовать в первую очередь мочевины или аммиачную селитру, суперфосфат двойной и аммонизированный или аммофос, флотационный (крупнокристаллический) хлористый калий. Внесение тукосмесей дает

большой экономический эффект по сравнению с отдельным внесением односторонних удобрений.

Приготовленные смеси минеральных удобрений должны обладать хорошими физико-механическими свойствами, не слеживаться, не расслаиваться при транспортировке и внесении.

В условиях интенсивного сельского хозяйства роль сухого тукосмешения значительно возрастает. Это наиболее простой, гибкий и экономичный метод получения комплексных удобрений с требуемым соотношением и содержанием питательных веществ, а также эффективный прием предотвращения физических потерь удобрений, сокращения трудовых затрат на их подготовку, транспортирование и внесение в почву.

За рубежом существуют 2 вида организации работы установок тукосмешения:

- небольшой местный центр по производству и распределению тукосмесей, обслуживающий хозяйства в радиусе 10-50 км в сотрудничестве с агрономическими службами;
- более крупный производственно-распределительный центр, располагающийся вблизи портов или железнодорожных станций, получающий сырьевые материалы водным или железнодорожным транспортом. Наиболее широко распространена система тукосмесительных заводов в США. Насчитывается несколько тысяч таких установок и вырабатывается более сотни марок удобрений.

Исходные компоненты для смешивания закупаются в основном в незатаренном виде и поставляются в основном железнодорожным транспортом в вагонах типа «хопер». Компоненты хранятся отдельно напольно или в специализированных емкостях и смешиваются под конкретные требования потребителя.

В зависимости от запросов клиента возможно как смешивание непосредственно перед внесением, так и заблаговременное приготовление с хранением, а также фасовка в мешки по 50 кг или биг-беги до 1000 кг.

Тукосмешение непосредственно перед внесением экономически целесообразно из-за сокращения числа перевалок, снижения вероятности сегрегации тукосмесей появления возможности более равномерного распределения питательных веществ при внесении тукосмесей в поле.

При такой схеме реализации требования к некоторым показателям - влажности, свободной кислотности - могут быть снижены, так как ввиду относительно непродолжительного времени при взаимодействии между компонентами химические реакции не протекают до конца, и физические свойства компонентов и смесей изменяются незначительно, что обеспечивает

их беспрепятственный рассев на поля.

Таблица 17

**Назначение марок тукосмесей под определенные культуры**

Соотношение N:P:K	Использование	Марка NPK	Количество исходных компонентов кг на 1 т тукосмеси			
			аммиачная селитра	аммофос	аммофос	хлористый калий
			34:0:0	11:42:0	12:52:0	0:0:60
1:1:1	Для многих культур, возделываемых на почвах с одинаковой потребностью во внесении азота, фосфора и калия	17,1:17,1:17,1	386,6		328,6	284,8
		16,1:16,1:16,2	349,1	382,9		268,0
1:0.7:1.2	Для основного удобрения на серых лесных почвах под коноплю, сахарную свеклу, картофель и зерновые (включая кукурузу)	17,2:12:20,7	424,3		231,6	344,1
		16,5:11,5:19,8	395,8	274,6		329,6
1:1:1.5	Для картофеля, кормовых корнеплодов и сахарной свеклы на легких почвах	15:15:22,3	338,4		287,6	373,9
		14,2:14,2:21,3	307,8	337,6		354,5
1:1.5:1.5	Для основного удобрения овощных культур и других пропашных (в т.ч. и силосных) с азотной подкормкой летом	13,7:20,5:20,5	263,2		394,7	342,1
		13:19:19	227,3	454,5		318,2
1:1.5:1	Для локального внесения при посеве зерновых, сахарной свеклы и посадке картофеля на различных почвах	15,5:23,2:15,5	297,0		445,5	257,4
		14,2:21,4:14,2	254,2	508,5		237,3
1:1:0	Для культур, следующих по унавоженному фону (с хорошим последствием калия)	24:24:0	540,5		459,5	
		22:22:0	476,9	523,1		
1:2:0	Для южных районов при хорошей доступности почвенного калия и интенсивной мобилизации почвенного калия	18,4:36,8:0	291,7		708,3	
		16,2:32,5:1	227,3	772,7		

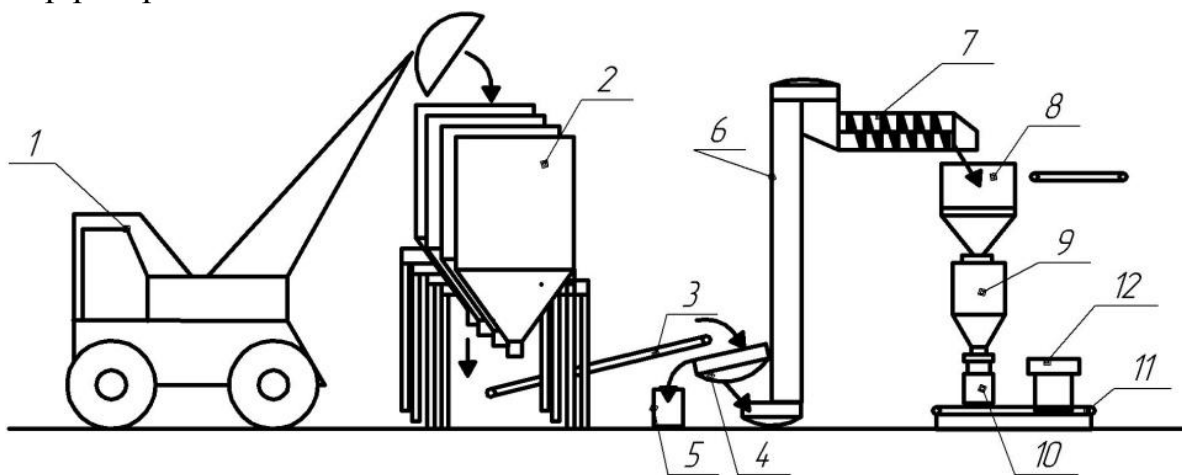
Тукосмешение производят на установках, которые различаются конструкцией смесителя и расположением оборудования. Установки работают по периодической или непрерывной схеме (рис. 28).

При равной производительности установки, работающие по принципу непрерывного смешения, более компактны, проще в эксплуатации, менее металлоемки, чем установки периодического действия. Кроме того, благодаря непрерывности процесса тукосмешения, достигается и более высокая однородность тукосмесей, что благоприятно сказывается на эффективности их применения.

К тукосмесительным установкам предъявляются следующие требования:

- высокое качество смешивания;
- минимальные энергетические затраты;
- минимальная разрушаемость гранул;
- сохранность гранулометрического состава компонентов.

Процесс приготовления тукосмесей состоит из подготовки удобрений к смешиванию, подачи компонентов к тукосмесительной установке, дозирования, смешения компонентов, выгрузки тукосмеси в кузов транспортного средства, в бункер разбрасывателя или подача на склад.



**Рис. 28. Схема установки сухого тукосмешения**

1 – автопогрузчик. 2 - бункера для хранения компонентов, 3 - конвейер компонентов, 4 – сепаратор, 5 - емкость для крупных кусков, 6 – элеватор, 7 - шнековый смеситель, 8 - бункер накопитель, 9 - дозирующее устройство, 10 – мешок, 11 – конвейер мешкозашивочной машины, 12 - сшиватель мешков.

В начале компоненты тукосмесей подаются при помощи грейферных погрузчиков или кран-балок, распределяют по бункерам, и дозирующие устройства настраивают на требуемый состав тукосмеси. При включении механизмов установки компоненты постепенно, соответственно дозировке, выгружаются из бункера на ленточный транспортер, который подает их в сме-

ситель. В смесителе все компоненты перемешиваются строго заданное время. Готовая смесь непрерывно выгружается из смесителя и поступает на ленточный транспортер для загрузки в транспортные средств или упаковки.

Далее тукосмеси поступают на поля и вносятся в почву с помощью стандартных разбрасывателей удобрений и туковых сеялок.

## **II. Жидкие тукосмеси**

Жидкое тукосмещение также является хорошо отработанным в практике способом приготовления и последующего агрохимически эффективного их применения на различных почвах и под различные сельскохозяйственные культуры. Особенно широкое распространение этот способ получил в США и странах Западной Европы.

Свыше 65% жидких удобрений также используется в 10 ведущих сельскохозяйственных штатах - Айова, Иллинойс, Небраска, Калифорния, Техас, Индиана, Канзас, Огайо, Миннесота и Джорджия. Для безводного аммиака в США построена широко разветвленная сеть трубопроводов (свыше 5 тыс. км), которая имеет станции выдачи продукта, расположенные в местах пересечения шоссейных и железных дорог, что позволяет значительно снизить транспортные издержки. Комплексные жидкие удобрения удобны и выгодны для фермеров по целому ряду причин. Среди них такие, как практически полное отсутствие ручного труда при использовании этих удобрений, возможность внесения их с орошением и в период подготовки почвы к посеву, совмещение с пестицидами и другими необходимыми ингредиентами. Фермеры ценят их за преимущества, связанные с равномерностью их внесения, а следовательно, синхронизацией созревания растений, за отсутствие слеживаемости и распыления, свойственных сухим тукосмесям.

Новой тенденцией в совершенствовании жидких удобрений является создание суспензированных удобрений, т.е. жидкостей, в которых в перенасыщенном растворе, во взвешенном состоянии находятся кристаллы питательных водорастворимых солей.

В СССР был наработан свой практический опыт получения и применения жидких тукосмесей на основе базовых растворов ЖКУ (10:34 или 11:37). Ниже рассмотрены данные по организации полной цепочки производства и внесения жидких тукосмесей на основе данных агрохимического обследования почв и расчета оптимальных доз макрокомпонентов, накопленные ОАО «Воскресенский НИУиФ» в течение длительного времени.

В радиусе до 40 км от завода-изготовителя жидкие удобрения

доставляются потребителю непосредственно на поле автотранспортом. Если расстояние до потребителя составляет 40-100 км, ЖКУ (базовый раствор) транспортируется автомашинами сначала на глубинный склад, откуда машинами для внесения доставляется на поле. Машины для внесения действуют в радиусе до 15 км от глубинного склада. На расстояние 100-300 км жидкие удобрения транспортируются, как правило, ж/д цистернами. В этом случае базовый раствор ЖКУ поступает на крупные прирельсовые склады, расположенные на ж/д станциях, откуда доставляется как на поле (в радиусе 15 км), так и на глубинные склады, расположенные на расстоянии 30-40 км от прирельсовых складов. Транспортировка ЖКУ на расстояние более 300 км считается экономически нецелесообразной.

В зонах потребления ЖКУ была создана широкая сеть прирельсовых и глубинных складов различной емкости. В зависимости от количества ЖКУ, потребляемых в данном регионе, прирельсовые склады имеют емкость от 1000 до 4000 т, а глубинные склады от 400 до 800 т ЖКУ единовременного хранения. Все оборудование складов максимально унифицировано. Эта схема транспортировки и хранения ЖКУ была проверена в течение 10 лет и подтвердила свою оптимальность и экономическую целесообразность.

Однако работы, проводимые Воскресенским НИУиФ совместно со многими научными и проектными организациями системы сельского хозяйства, не ограничивались только освоением промышленного производства базовых растворов 10:34 и их использованием. Был проведен большой объем исследовательских и практических работ по созданию систем жидкого тукоsmешения в сельском хозяйстве страны. Эта проблема решалась в рамках научно-технического сотрудничества стран-членов СЭВ, заинтересованных в развитии жидкого тукоsmешения. В совместных работах Воскресенского НИУиФ с Болгарией, Венгрией, Кубой, Чехословакией, Германией были определены основные марки жидких и суспендированных удобрений для каждого вида почв и культур, разработаны стандарты СЭВ на методы анализа жидких тукоsmесей. Проводился постоянный обмен научно-технической информацией по этой тематике, обсуждались проекты установок и складов жидких удобрений, техники для транспортировки и внесения, способов внесения удобрений и т.п.

Тукоsmешение – единственный способ обеспечить сбалансированное питание растений, при этом значительно уменьшив затраты на приобретение удобрений. Применение жидкого тукоsmешения позволяет получить удобрения с практически любым соотношением питательных веществ. Это производство не требует больших капиталовложений и может быть максимально приближено к

местам потребления. Использование жидких тукосмесей дает возможность организовать индивидуальное обеспечение питательными элементами любого конкретного поля.

Гибкость в выборе соотношения между питательными компонентами позволяет избежать внесения избыточных доз туков, что не только сокращает затраты на их приобретение, но и улучшает экологическую чистоту среды обитания и производимой продукции.

Для грамотного применения любых удобрений очень важно иметь данные по анализу почв, истории полей, включающие информацию о выращиваемых культурах, применяемых удобрениях и т.д. Учет этих данных позволяет рассчитать оптимальные дозы питательных веществ, обеспечивающие планируемый урожай, а также определить конкретный состав и количество тукосмеси, которое надо внести на поле.

С целью организации перечисленных выше работ в 1990 году на базе оборудования, закупленного ассоциацией "АГРОХИМ" в США, в ОАО «Воскресенский НИУиФ» был создан агрохимический центр, совмещающий аналитический контроль почв и приготовление удобрений по выданным на основе анализа почв рекомендациям. Целью создания этого центра была отработка на примере одного района рациональной схемы применения минеральных удобрений с максимальным агрохимическим эффектом. В состав агрохимического центра входили агрохимическая лаборатория и установка по приготовлению жидких тукосмесей, состоящая из 2-х технологических модулей.

Агрохимическая лаборатория оборудована парком приборов, позволяющим обеспечить анализ почв на площади 20-30 тыс. га, что соответствует площади 1 -2-х районов Московской обл. Было решено освободить хозяйства от отбора образцов почв и взять эту операцию на себя. Для этого в лаборатории была создана специализированная группа, снабженная автотранспортом, которая в течение полевого сезона выезжала на поля, отбирала по специальной методике образцы почв и в тот же день доставляла их в лабораторию. Ежедневно отбиралось 50-60 образцов с площади приблизительно 250 га. Образцы маркировались, проходили стадию пробоподготовки и анализировались в среднем по 15 основным агрохимическим показателям, включающим несколько видов кислотности, содержание основных питательных элементов (азота, фосфора калия), макроэлементов (кальция, магния) и некоторых микроэлементов (меди, цинка, железа и др.).

Результаты анализов заносились в компьютер и обрабатывались по специальной программе. В результате для каждого конкретного поля

рассчитывалась доза питательных веществ, с учетом обеспеченности почвы азотом, фосфором и калием, типа выращиваемой культуры, запланированного урожая.

Этот этап проводился, как правило, совместно со специалистами хозяйств. Одновременно определялись типы вносимых туков, способы внесения, т.е. либо в виде индивидуальных туков, либо в виде тукосмеси, подсчитывалось общее количество туков, необходимое для хозяйства, и затраты на их приобретение.

Для хозяйства составлялись картограммы с подробной информацией об агрохимических показателях каждого поля. В течение полевого сезона по заявкам хозяйств проводилась также листовая диагностика растений (в основном зерновых). По результатам диагностики определялась необходимость и дозы азотных подкормок. Кроме того, лаборатория проводила постоянный экологический контроль готовой продукции.

Результаты обследования почв семи хозяйств Воскресенского района позволили выявить некоторые общие закономерности.

Во-первых, в хозяйствах практически не оказалось полей, которые испытывали бы потребность в фосфорных удобрениях. 30% всех полей имели высокий уровень обеспечения фосфором (т.е. содержали 150-250 мг  $P_2O_5$  на кг почвы). Остальные 70% имели содержание фосфора в 2-4 раза превышающее высокий уровень обеспеченности, т.е. содержали 500-1000 мг  $P_2O_5$  на кг почвы. Обращала на себя внимание тенденция роста площадей с аномально высоким содержанием фосфора. Если в 1986 г. доля таких полей составляла 10-15%, то в 1990 г. она увеличилась до 70%. Аналогичная картина наблюдалась и для большинства других районов Московской области. Тем не менее, в хозяйствах продолжали интенсивно использовать концентрированные фосфорные удобрения, ввиду близости производства аммофоса.

Содержание подвижного калия в почвах Воскресенского района находилось на среднем уровне (100-120 мг на кг почвы). Однако на фоне предельно высокого содержания фосфора этого количества калия было явно недостаточно.

Исходя из результатов агрохимического обследования, агрохимцентром Воскресенского НИУиФ были разработаны рекомендации по применению удобрений, направленные на достижение сбалансированности почв по основным элементам питания.

Хозяйства с пониманием отнеслись к выданным рекомендациям. Так, в сезон 1991 г. потребление фосфорных удобрений сократилось в 2 раза, потребление калийных и азотных удобрений несколько возросло. При этом дозы вносимых минеральных удобрений стали ниже обычных на 20-30% за



счет использования сбалансированных смесей.

Резкое снижение потребления наиболее дорогостоящих фосфорных удобрений не вызвало уменьшения урожайности, напротив, в ряде хозяйств в этом году было достигнуто увеличение производства продукции. На ряде контуров была достигнута урожайность 50 ц/га (зерновые). Аналогичная тенденция наблюдалась и в 1992 г.

Более рациональному потреблению минеральных удобрений способствовало широкое использование жидких тукосмесей, которые получали на установке жидкого тукосмешения, входящей в состав комплекса. Установка располагалась на прирельсовой базе районного отделения Сельхозхимии. В качестве исходного сырья использовались имеющиеся на базе туки: карбамид, аммиачная селитра, азотный раствор КАС, базисный раствор ЖКУ 10:34. Состав жидких удобрений рассчитывался по заявкам хозяйств в агрохимической лаборатории, индивидуально для конкретного поля. Расчет состава и дозы внесения производился на основе анализа почвы, типа выращиваемой культуры и планируемой урожайности.

Установка для приготовления жидких тукосмесей представляет технологический модуль, состоящий из емкости-смесителя объемом 10 м<sup>3</sup>, установленной на весоизмерительном устройстве. В состав модуля входят также высокооборотная дисковая мешалка, измельчающее устройство ("мокрая" мельница), эжектор для ввода микроэлементов, мощный циркуляционный насос, пульт управления и ряд других устройств (рис. 29).

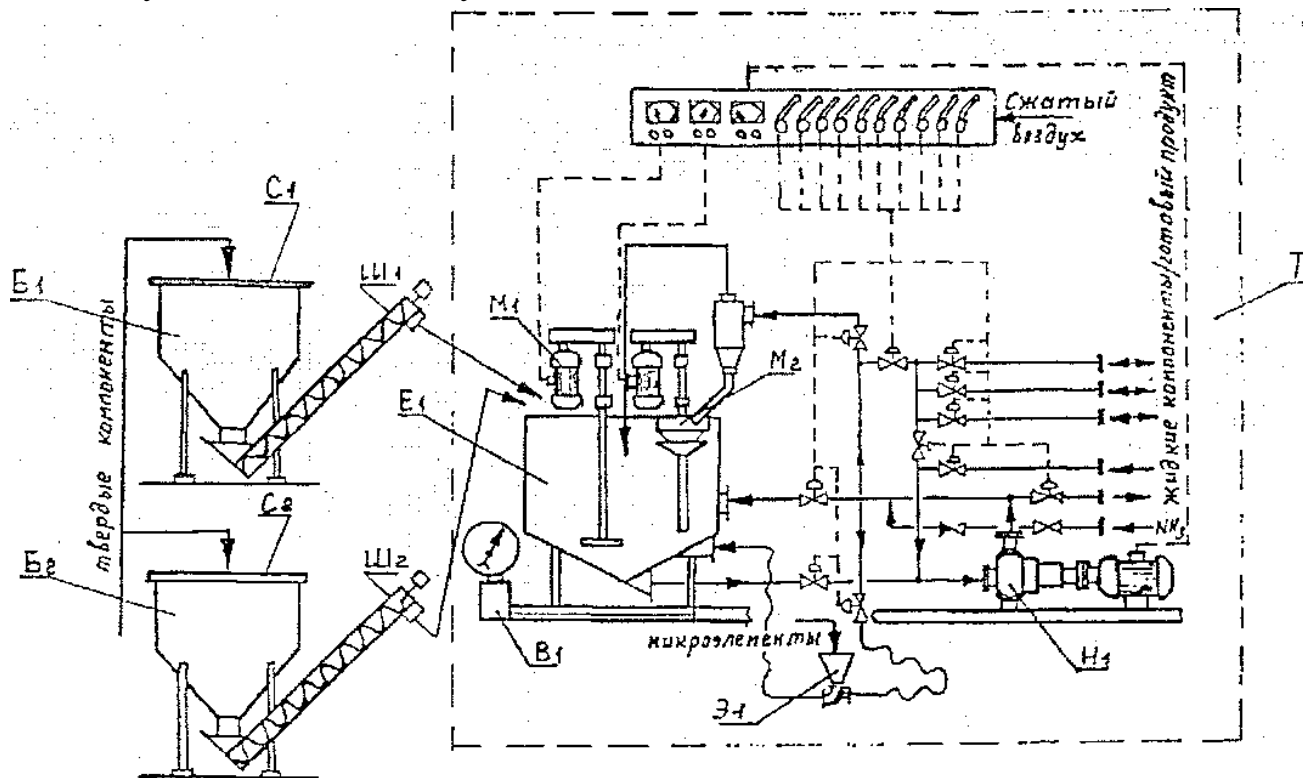
Для приема и подачи твердых компонентов (карбамида, КСІ и прочих) имеется специальный узел, состоящий из 2-х бункеров с виброситами и 2-х высокопроизводительных шнеков. Управление шнеками осуществляется непосредственно с технологического модуля. Загрузка твердых компонентов в бункера осуществляется автопогрузчиком.

Жидкие тукосмеси получали как в виде растворов, так и в виде суспензий. В последнем случае в смесь вводился стабилизатор суспензии - бентонитовая глина в количестве 2-3% от веса суспензии. Использовалась бентонитовая глина Калино-Дашковского месторождения (Серпуховский район Московской области).

В виде растворов использовались в основном азотно-фосфорные смеси с преобладанием азота (2-4 части азота и 1 часть фосфора), а также азотные растворы для подкормок зерновых.

Поскольку калийные удобрения обладают более низкой растворимостью по сравнению с азотными и фосфорными компонентами, калийсодержащие смеси готовились в виде суспензий.

Использование жидких тукосмесей, требующее освоения новых технологий применения туков, естественно, связано с определенными техническими и чисто психологическими трудностями. Тем не менее, доля использования жидких тукосмесей в Воскресенском районе увеличилась с 8% в 1990 году до 30% в 1992 году.



**Рис. 29. Принципиальная технологическая схема получения жидких тукосмесей в виде растворов или суспензий.**

Б1, Б2 - бункера для твердых удобрений; С1, С2 - Вибросита; Ш1, Ш2 - Шнеки; Е1 - Емкость-смеситель; В1 - Весоизмерительное устройство; М1 - Мешалки; М2 - Мокрая мельница; Э1 - Эжектор; Н1 - Насос.

Проведение научно-исследовательских и практических работ по разработке схемы производства и применения жидкого тукосмешения позволили Воскресенскому НИУиФ совместно с НИИХИММАШем разработать рабочую документацию для производства отечественных установок жидкого тукосмешения, рекомендовать схему организации подобного регионального агрохимцентра на предприятиях отрасли, имеющих производство базовых растворов ЖКУ 10:34.

В настоящее время существуют все предпосылки для развития практики тукосмешения:

1. Производство концентрированной марки ЖКУ (11:37) действует на ОАО «Аммофос» (г. Череповец), мощность которого составляет 120 тыс.т/год,

нет ограничений и в обеспечении жидкими азотными удобрениями типа карбамидо-аммиачных смесей, выпускаемых рядом предприятий (ОАО «Невинномысский «Азот», ОАО «НАК «Азот», ОАО «Акрон»). Твердые компоненты для растворения (карбамид, хлористый калий) также доступны на российском рынке.

2. Установки для жидкого тукосмешения достаточно просты в изготовлении, могут быть серийно изготовлены машиностроительными заводами.

3. Техника для внесения жидких туков также относительно проста в изготовлении и эксплуатации.

### **Агрономическая и экономическая целесообразность применения тукосмесей и перспективы его развития**

Согласно данным, полученным в результате расчета балансовым методом, применение тукосмесей более целесообразно, с экономической точки зрения, чем применение традиционных тройных (NPK 16-16-16, DAFK 10-26-26) минеральных удобрений. При этом экономия достигает 60%.

Также экономическую целесообразность применения тукосмесей показали опыты их применения Заслуженным агрономом России В.А. Кляузнером в Орловской области. ООО «Голицыно», Новосильского района Орловской области, где в последние 3 года используются только тукосмеси, произвело 9800 т озимой пшеницы «Московская-39» с клейковиной 24-32%. В 2001 году 70% урожая с клейковиной 28-32% , а остальное - с клейковиной 24-27%. Ранее, используя традиционные сложные удобрения, это хозяйство подобных результатов не добивалось. В совхозе «Ломовский» Орловской области на 3385 га с использованием тукосмеси получено по 53,6 ц/га, а отдельные поля дали по 68 ц/га продовольственной озимой пшеницы. Колхоз «Ленинский призыв» Курской области в 2002 г. собрал по 640 ц/га сахарной свёклы, а зерновых по 67 ц/га с площади 1800 га, отдельные поля озимой пшеницы дали по 85 ц/га.

Одним из направлений развития производства тукосмесей является их производство с гуматами. В последние три года в производственных условиях проводятся испытания гуматов на посевах зерновых культур. В Костромской, Московской, Орловской областях, Краснодарском крае и ряде других регионов получены хорошие результаты. Прибавка урожая составила от 2,5 до 6 ц/га при стоимости гектарной нормы гумата от 30 до 65 рублей (в зависимости от нормы его внесения), при этом содержание клейковины в зерне озимой пшеницы

повысилось на 1-4%. В 2003 г. «НИУИФ» разработал технологию обработки гуматом «Сахалинский» минеральных удобрений. Первая опытная партия азофоски 13:19:19 с гуматом в количестве 2000 т. произведена в ОАО «Аммофос» (г. Череповец) и уже в этом году поставлена хозяйствам Орловской области. Также решается вопрос о производстве тукосмесей с гуматом.

Таким образом, в современных условиях тукосмешение является безальтернативным способом оптимального и эффективного использования минеральных удобрений. Практический опыт их использования показал устойчивое воспроизводство высокой урожайности и качества сельхозкультур, определяющих в целом экономическую эффективность применения тукосмесей.

В табл. 18 приведен расчет себестоимости производства тукосмеси на примере марки NPK 17:17:17 в условиях юга России. Цены на исходное сырье приняты по состоянию на февраль – март 2009 г.

Для сравнения минимальная цена на азофоску 16:16:16 в конце 2008 года составила 11000 руб./т без НДС на заводе-изготовителе.

Анализ структуры себестоимости туков показывает близость российских и европейских структур затрат - доля сырьевых ресурсов составляет более 90%.

В условиях значительного (в 2,5-3 раза) снижения цен на основные виды минеральных удобрений, востребованных на внутреннем рынке, с одной стороны, и ухудшения финансового состояния сельхозпроизводителей, с другой стороны, применение туков позволит поднять агрохимическую эффективность растениеводства.

### **Выводы**

Развитие тукосмешения в России позволит перейти от валовых показателей экстенсивного направления поставок минеральных удобрений российскими сельхозпроизводителями к агрохимически эффективному направлению химизации. Многолетняя практика применения тукосмесей в США, Европе и СССР подтверждает экономическую целесообразность их использования в растениеводстве.

В настоящее время в РФ имеются необходимые предпосылки для развития тукосмешения и практики их использования в сельском хозяйстве: наличие крупнотоннажного производства гранулированных и жидких удобрений, тукосмесительных мощностей в регионах, практики агрохимического обследования почв в передовых хозяйствах и определения оптимальных доз внесения макрокомпонентов.

Сдерживающими факторами развития тукосмешения в РФ являются:

- проблемы с доступностью гранулированного хлористого калия, практически полностью ориентированного на экспорт;

- отсутствие серийно выпускаемого отечественного оборудования для тукосмесительных установок, что создает барьер для организации производства тукосмесей из-за дороговизны импортного оборудования;
- отсутствие государственной системы агрохимических станций, агрохимического мониторинга почв и определения оптимальных доз питательных веществ для повышения плодородия почв;
- отсутствие во многих хозяйствах средств внесения гранулированных и жидких туков.

**Таблица 18**

**Калькуляция себестоимости тукосмеси (на примере марки 17:17:17)**

№	Статья затрат	Ед.	Норма	Цена	С-стоимость,
1	Сырье и материалы				8 055
	аммиачная селитра	т	0,390	5 800	2 262
	аммофос	т	0,332	13 800	4 583
	хлористый калий	т	0,288	4 200	1 209
2	Вспомогательные				222
	биг-бег	шт	1,01	200	202
	прочее				20
3	Энергоресурсы				65
	электроэнергия	кВт'ч	50	1,3	65
4	Заработная плата				15
5	Отчисления				6
6	Общепроизводственные				50
7	Общехозяйственные				200
	Итого с/стоимость	-	-	-	<u>8 613</u>

Для преодоления отставания в важнейшем направлении химизации сельского хозяйства, каковым является тукосмешения, необходимо его включение отдельной строкой в государственную программу «Развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008 - 2012 гг.» с финансированием из федерального бюджета.

**2.7. Инновационные процессы на предприятиях по производству минеральных удобрений [12]**

Совершенствование имеющихся технологий и выпускаемой продукции, организации производства и управления требует технологических,

продуктовых и организационных нововведений, что связано с производством, восприятием и реализацией научно-технических новшеств. Основное влияние на направления инновационных процессов на предприятиях по производству минеральных удобрений оказывают следующие факторы.

1. Уровень использования производственных мощностей зависит от конъюнктуры мирового рынка минеральных удобрений. Предприятия по производству минеральных удобрений в РФ размещены в непосредственной близости к основным регионам внутреннего потребления, а не вблизи удобных морских портов, а также на большом удалении от источников сырья. Экспорт удобрений привел к встречным перевозкам сырья и экспортируемой продукции. Наши конкуренты на международных рынках имеют существенные преимущества, поскольку их производства, ориентированные на экспорт, как правило, расположены вблизи портов, рядом с сырьевыми источниками.

2. На конкурентоспособность и устойчивость российских производителей минеральных удобрений на мировых рынках все более оказывают влияние рост стоимости энергетических и сырьевых ресурсов (электроэнергия, природный газ), который происходит в соответствии с энергетической стратегией России. Технический уровень материалоемких и энергоемких производств минеральных удобрений неразрывно связан со степенью использования природных ресурсов. При совершенствовании существующих и создании новых технологических процессов особое значение приобретает рациональное использование природных ресурсов, экономия энергии, использование вторичных энергетических ресурсов. В этих условиях целесообразно проведение работ по интенсификации действующих производств на основе их усовершенствования. Высокую вероятность внедрения получают те новые технологии, которые могут быть реализованы в рамках существующего аппаратного оформления.

3. Интенсификация технологических процессов на установках большой единичной мощности увеличивает пропускаемые материальные потоки и, соответственно, твердые, жидкие и газообразные выбросы. При этом необходимо обеспечить требования экологии и надежности эксплуатации этих производств при ужесточении российского законодательства за негативное воздействие на окружающую среду и распространение требований международных стандартов ISO серии 14000 на производство продукции.

4. Развитие электронно-вычислительной техники создает благоприятные условия к автоматизированному управлению технологическими процессами и отдельными производствами, что повышает их надежность и экологическую безопасность. Для успешного функционирования производителям минеральных

удобрений необходимо адаптироваться к новым условиям. Для этого необходимо осуществить перевод производства на качественно новый уровень, который обеспечит в перспективе конкурентные преимущества отрасли. С учетом ожидаемых изменений внешней среды в обозримой перспективе приоритетными для российских производителей направлениями повышения эффективности производства удобрений будут следующие адекватные прогнозируемым изменениям направления по разработке и внедрению новшеств:

- внедрение новых эффективных методов добычи и обогащения фосфорсодержащих и калийных руд, обеспечивающих максимальное извлечение полезных ископаемых, комплексное использование рудного химического сырья;
- создание технологий переработки новых видов фосфатного сырья в минеральные удобрения;
- совершенствование существующих и создание новых прогрессивных и экономичных методов производства удобрений и промежуточных продуктов для их получения;
- совершенствование и освоение технологии глубокой очистки экстракционной фосфорной кислоты от соединений фтора для использования ее в производстве кормовых и пищевых фосфатов, триполифосфата натрия и некоторых других продуктов;
- переход на энергосберегающие технологии и энергосберегающее аппаратное оформление технологических процессов, повышение степени использования вторичных энергоресурсов;
- расширение ассортимента и повышение качества удобрений, обеспечение их отличительных признаков, которые возможно получить в силу высокого качества перерабатываемого хибинского апатитового концентрата, и создание на этой основе конкурентного преимущества;
- совершенствование системы транспортирования и хранения удобрений;
- охрана окружающей среды и аттестация уровня управления производством по его воздействию на окружающую среду по международным стандартам;
- развитие систем автоматизированного управления. Для промышленности минеральных удобрений решающее значение имеет получение доступа к дешевым сырьевым и энергетическим ресурсам, снижение энергоемкости и материалоемкости производства за счет использования современной технологии и оборудования. В российской промышленности минеральных удобрений в последние годы основное внимание уделялось вопросам повышения конкурентоспособности за счет увеличения единичной

мощности агрегатов и концентрации производства, а также путем рационального использования сырья, электроэнергии, топлива и вторичных ресурсов.

В наибольшей степени прогрессивные изменения наблюдаются в производствах серной, фосфорной и азотной кислот и аммиака. Предприятия стремятся повышать степень использования тепла химических реакций и энергии сжатых материальных потоков для регенерации электрической энергии, пара энергетических параметров, выполнения механической работы, связанной с перемещением рабочих сред, используя энерготехнологические системы производств серной и азотной кислот и аммиака.

Можно выделить следующие направления инновационных процессов в производстве минеральных удобрений и промышленных продуктов для их получения.

### **Совершенствование технологии производства удобрений, расширение ассортимента и повышение качества продукции, охрана окружающей среды**

**Азотные удобрения.** В производстве азотных удобрений существенным ограничением является, прежде всего, высокий расход ресурсов в производстве аммиака, что при повышении внутренней цены на природный газ приведет к убыточности производства азотных удобрений. Технический уровень действующих агрегатов в нашей стране значительно уступает уровню аналогичных производств как в промышленно развитых, так и в развивающихся странах. Это особенно заметно по экологическим показателям, а также по энерго- и материалоемкости производств. Эксплуатируемые сегодня в России энерготехнологические производства аммиака характеризуются высоким энергопотреблением (10,5-12 Гкал) на тонну аммиака. Это на 20-25% выше, чем у агрегатов фирм ICI, Braun, Kellogg, UHDE. В России в эксплуатации находятся как отечественные, так и импортные агрегаты, введенные в производство в основном в 1970 – 1980-е годы. Действующие мощности нуждаются в техническом переоснащении и модернизации, а часть наиболее старых подлежит выводу. Поэтому проводят интенсификацию действующих агрегатов аммиака с увеличением производительности колонн синтеза, снижением расхода природного газа, увеличением срока работы компрессорного оборудования за счет изменения условий эксплуатации; уменьшение вредных выбросов в атмосферу за счет снижения содержания не извлеченных диоксида углерода и оксидов азота.



В производстве карбамида - усовершенствование технологии и создание агрегатов большей мощности при снижении энергоемкости производства и обеспечении безопасной эксплуатации оборудования при работе под высоким давлением.

Для производителей аммиачной селитры сегодня стоит актуальная задача: обеспечить выпуск удобрений на ее базе с меньшей взрывоопасностью, но сохраняющих агрохимическую эффективность. На ряде российских предприятий ведется освоение технологии производства известково-аммиачной селитры, растворов карбамидно-аммиачной селитры, разработаны и осваиваются производство других удобрений на основе аммиачной селитры, например, с добавкой фосфорсодержащих и калийсодержащих продуктов. Выбор ассортимента диктуется ориентацией на определенный рынок и внутренними возможностями предприятия.

**Калийные удобрения.** Важнейшее направление в деятельности калийных предприятий – увеличение извлечения из руды полезного компонента - хлористого калия, повышение качества продукции, природоохранная деятельность. Разработка и внедрение новейшей технологии гранулирования хлористого калия позволила получать продукт премиум-класса на современном оборудовании производства зарубежных и отечественных производителей.

Техническое перевооружение флотационных фабрик по переработке калийных руд предполагает разработку режимов с использованием новых реагентов и оборудования для интенсивной диспергации и оттирки глинистых шламов от солевых минералов, последующего их обезвоживания, создание новых технологических схем флотации с применением высокопроизводительного оборудования большего объема, разработку и внедрение комбинированных технологических схем.

Совершенствование процесса галлургической переработки калийных руд связано с регулируемой вакуумной кристаллизацией, обеспечивающей получение продукта с содержанием до 98% KCl, а также с внедрением высокопроизводительного обезвоживающего оборудования (центрифуги, фильтры) обеспечивающего низкую (4-6%) влажность отфильтрованных продуктов. Это позволяет уменьшить потери калия с галитовым отвалом и улучшить качество продукции. Оснащение флотационных фабрик специальными галлургическими пристройками позволит из сбрасываемых глинистых шламов дополнительно извлекать калий в продукт на 5-8%.

Одна из серьезных проблем, связанных с производством калийных удобрений, это воздействие производства на окружающую среду. При

переработке калийных руд образуются твердые (хлорид натрия) и жидкие (растворы хлоридов натрия и калия) отходы, складываемые в основном на земной поверхности в солевые отвалы и шламохранилища. Складирование на поверхности земли легкорастворимых солевых отходов, растворяющихся под воздействием атмосферных осадков, приводит к засолению почв и водных источников. Накопление избыточных рассолов создает потенциальную угрозу переполнения шламохранилищ и аварийных выбросов рассолов на прилегающую территорию и водоемы бассейна реки Кама. Поэтому в производстве калийных удобрений актуально сокращение площадей складирования отходов на земной поверхности, сооружение высотных солевых отвалов, покрытие солевых отвалов водонепроницаемыми материалами с последующей рекультивацией, устройство в основании шламохранилищ и солевых отвалов непроницаемых экранов для фильтрации рассолов, закладка отходов в выработанное пространство, сброс избыточных рассолов в глубокие, изолированные, поглощающие горизонты. За десятилетие (1998 – 2007 гг.) выбросы вредных веществ в атмосферу сократились в 7 раз, притом, что объемы производства выросли в 3,5 раза. Почти 7 млн т солевых отходов заложено в 2007 г. в шахтные пустоты.

**Фосфатные удобрения.** Средняя загрузка действующих мощностей по производству фосфатных удобрений в 2007 г. составила 75%, в 2008 г. - 69%. В производстве фосфорсодержащих удобрений уже в настоящее время лимитирующим фактором является сырьевое обеспечение. Основное фосфорсодержащее сырье – хибинский апатитовый концентрат из-за удорожания производства и высоких транспортных издержек может стать труднодоступным для большинства потребителей. Производство осуществляется в постоянно ухудшающихся горно-геологических условиях эксплуатации месторождений. Снижение выпуска обусловлено сокращением запасов открытых месторождений и смещением объемов добычи в сторону подземных рудников (табл. 19).

### **Инновационные процессы на предприятиях по производству минеральных удобрений**

Таблица 19

#### **Производство апатитового концентрата в России, тыс.т Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>**

Год	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Всего, в том числе:	4121	4168	4175	4083	4206	3796
ОАО «Апатит»	3450	3479	3438	3325,5	3271	2839,8
ОАО «Ковдорский»	671	689	737	757,5	935	956,2

**Производство руды и апатитового концентрата ОАО «Апатит»**

Показатели	2004	2005	2006	2007
Добыто руды, млн.т	29,3	29,4	28,6	28,9
Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в	13,31	13,12	12,91	12,87
Произведено тыс.т. физической	8852	8756	8472	8333
тыс.т. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3479	3438	3325,5	3271

Качество добытой руды ухудшилось, содержание искомого компонента - фосфорного ангидрида (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), снизилось (табл. 20). По этим причинам затраты на производство 1 тонны апатитового концентрата постоянно растут, а объемы его производства снижаются.

Основные направления научно-технического развития производства апатитового концентрата следующие. Прежде всего – это комплексная переработка апатит-нефелиновых руд. Естественный процесс ухудшения горно-геологических условий, обеднение руды вынуждает переходить от открытой к шахтной добыче апатитовой руды. Хозяйственный выход апатитового концентрата из руды находится на уровне технологически достижимого. В этих условиях без переработки нефелинового концентрата как качественного товарного продукта затраты на производство апатитового концентрата быстро растут и сделают его неконкурентоспособным на рынке. Доведение до коммерческой стадии прикладных разработок по производству продуктов из сырьевых компонентов, содержащихся в апатит-нефелиновых рудах, позволит получать такие продукты, как глинозем, поташ технический, соду кальцинированную, цемент, титановые белила, галлий, карбонат стронция, сульфат алюминия и многие другие.

Главный минерально-сырьевой ресурс ОАО «Ковдорский ГОК» - комплексное месторождение бадделеит-apatит-магнетитовых руд. Запасы месторождения оконтурены геологоразведочными скважинами до глубины около 2 км от поверхности. Мощность вертикального рудного тела и качество руды остаются прежними. Для сохранения объема производства после 2020 г. на прежнем уровне (1,8 млн т. апатитового концентрата) на ОАО «Ковдорский ГОК» предполагают реконструировать существующий рудник. Поэтому проводятся исследования и поиск технически и экономически обоснованных решений по продлению сроков разработки основного месторождения комплексных руд открытым способом до глубины свыше 700 метров от поверхности без расширения верхнего контура карьера, с минимизацией

объемов вскрышных работ и вовлечением в использование глубинных запасов месторождения. Реконструкция станет возможной в случае реализации новых, еще не опробованных технических решений. При положительном исходе проводимых изысканий появится возможность продлить эксплуатацию месторождения до 2050 г. при годовой добыче руды на уровне 10 млн т.

С 1995 г. ОАО «Ковдорский ГОК» разрабатывает техногенное месторождение апатит-бадделеитсодержащих отходов (песков) обогатительного производства. Однако его запасы к 2010 г. будут исчерпаны, что повлечет выбытие производства около 0,6 млн т в год апатитового и 2,8 тыс.т бадделеитового концентратов. Для возмещения выбывающих производств фосфатного сырья необходимо выполнить комплекс исследований, проектных и строительных работ по вводу в промышленное использование апатит-штаффелитового месторождения с запасами около 50 млн т и содержанием в руде около 16%  $P_2O_5$ . Этого ресурса хватит на 20-25 лет. Основные направления научно-технического прогресса при обогащении комплексного минерального сырья – совершенствование технологии, внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами, повышение извлечения, улучшение качества продукции и, что особенно актуально, снижение энергоемкости обогатительного производства.

Прогноз развития производителей фосфорсодержащих удобрений и фосфатной продукции на перспективу показывает сохранение высокой потребности в фосфатном сырье и наличие напряженного баланса его производства и потребления. В сложившихся условиях первостепенное значение приобретает поиск новых источников фосфатного сырья для обеспечения стабильной работы и развития российских производителей минеральных удобрений. Важную роль в выправлении положения с производством фосфорных удобрений должно сыграть расширение базы пригодного для переработки отечественного фосфатного сырья. В области расширения сырьевой базы производства фосфорсодержащих удобрений разрабатывают технологии эффективной переработки бедных фосфоритов руд, месторождения которых расположены в европейской части России. Перспективными здесь могут быть следующие направления его использования: технология получения фосфатов кальция и технология получения азотно-фосфорных удобрений.

Более 80% фосфатного сырья в России перерабатывается сернокислотным методом в фосфорную кислоту. Совершенствование производств серной кислоты связано с повышением концентрации диоксида серы в перерабатываемом газе до 12%, улучшением герметизации систем

трубопроводов, установкой высокоэффективных теплообменников для охлаждения крепких кислот, газовых холодильников, снижением энергопотребления и увеличением выхода вторичных энергоресурсов, применением новых видов насадок для абсорбционных башен.

В 2008 г. в отрасли продолжалась поэтапная реконструкция отдельных узлов и отделений действующих серно-кислотных систем в условиях действующего производства. При этом на предприятиях, где одновременно выпускаются фосфорсодержащие удобрения, имеет место рост энергетической эффективности путем реализации программ по утилизации технологического тепла серно-кислотного производства и выработки собственной электроэнергии. Модернизация, начатая в серно-кислотном производстве на целом ряде предприятий, дала ощутимые результаты, причем не только в увеличении выработки самой кислоты, но и, что не менее важно, в энергосбережении за счет утилизации тепла отходящего пара серно-кислотного производства для выработки собственной электроэнергии.

При производстве экстракционной фосфорной кислоты – это интенсификация дигидратного процесса с созданием системы гидравлического транспортирования фосфогипса с замкнутым контуром транспортирующей воды и сухим образованием отвалов.

Совершенствование технологии очистки экстракционной фосфорной кислоты расширяет направления ее применения. Снижение затрат на производство кормовых продуктов можно получить за счет разработки высокоэффективных методов очистки экстракционной фосфорной кислоты и технологической схемы производства кормового монокальцийфосфата и кормового дикальцийфосфата на ее основе.

Расширение ассортимента предусматривает создание концентрированных азотно-фосфорных удобрений, содержащих серу; более взрывобезопасных удобрений на основе аммиачной селитры; органоминеральных удобрений. Это следующие удобрения: сульфоаммофос марок 14:34, 16:20, 20:20; удобрения с гумматами - азотно-фосфорно-калийные (марки 10:26:26); новые виды азотно-фосфорно-калийных, не содержащие хлор; с добавками микроэлементов, органоминеральные удобрения на основе торфа, сапропеля, лигнина, навоза и других органических отходов.

Учитывая, что стоимость хибинского апатитового концентрата, содержащего минимальное количество токсичных примесей и тяжелых металлов, постоянно возрастает, актуальной стала задача переработки его в продукты с более высокой рентабельностью, чем удобрения. Разрабатываются и осваиваются технологии для получения высокорентабельных фосфорсодержащих продуктов

из этого вида фосфатного сырья для нужд пищевой промышленности, животноводства и технических целей, а также малообъемной и гидропонной технологии растениеводства.

С целью извлечения и утилизации фтора, образующегося в производстве экстракционной фосфорной кислоты и фосфорсодержащих удобрений при переработке хибинского апатитового концентрата, содержащего до 3% фтора, на предприятиях отрасли реализуют проекты по производству бифторид-фторид аммония; кремнефторидов натрия, калия и аммония; фторидов алюминия и натрия, криолита.

Для более полного решения вопросов, связанных с охраной окружающей среды, также проводятся работы в следующих направлениях:

- разрабатывают аппараты для поглощения вредных веществ из отходящих газов (фтора, аммиака, окислов азота), очистки газов и аспирационного воздуха от пыли;
- создают бессточные схемы водопользования предприятий за счет, в частности, глубокой доочистки нейтрализованных вод от соединений фтора, использования термического метода обессоливания минерализованных вод вместо применяемого химического метода.

### **Совершенствование систем управления производственными процессами**

Агрегаты большой единичной мощности обладают рядом существенных преимуществ, которые сводятся к снижению удельных капитальных вложений и себестоимости продукции, относительному сокращению численности эксплуатационного персонала. Они дают возможность эффективно применять прогрессивные энерготехнологические схемы, высокопроизводительное оборудование, системы комплексного автоматизированного управления производством. Это способствует росту мощности агрегатов до определенного предела, так как при создании агрегатов большой единичной мощности особое значение приобретает степень надежности.

Управление современными технологическими системами большой единичной мощности предполагает обязательное использование управляющих вычислительных машин. Использование автоматизированных систем управления позволяет одновременно контролировать большое число параметров, получать полную и своевременную информацию о ходе технологического процесса, оперативно реагировать на отступления от заданного режима, уменьшать и даже ликвидировать неритмичность работы, сокращать потери сырья и энергии. Автоматизация производственных процессов,

совершенствование систем управления ими позволяют улучшить показатели основных производств: устранить выбросы в атмосферу, увеличить производительность установки, полнее использовать вторичные энергоресурсы и снизить себестоимость продукта. Направления развития автоматизации и систем автоматизированного управления технологическими процессами зависят от уровня совершенства каждого из производств минеральных удобрений. Особое внимание разработке и внедрению автоматизированных систем управления технологическими процессами уделяется там, где малая инерционность систем и тесные взаимосвязи различных узлов создают благоприятные условия для гибкого и оперативного автоматизированного управления. Это производства аммиака, азотной и серной кислот, карбамида, аммиачной селитры.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ.**

Инновации в производство на основе использования новой техники и технологии предполагают развитие научных систематизированных знаний и применение их к решению практических задач. А это является исходным моментом, оказывающим воздействие на все стороны развития предприятий и влияющим не только на способ изготовления продуктов, но и на процессы концентрации производства, его организацию.

Уровень организации производства является решающим условием использования возможностей вычислительной техники. Экономический эффект от использования автоматизированных систем управления достигается только при условии предварительной технологической оптимизации производства, устранения узких мест, обеспечения достаточного уровня надежности аппаратуры и качества эксплуатации оборудования за счет высокой культуры работы. Непрерывность и поточность производства, отличающиеся ограниченным и стабильным ассортиментом вырабатываемой продукции, определяются технологическими и тепловыми схемами производственного процесса, обязательной синхронностью, регламентированностью структурных подразделений, строгой расстановкой рабочих мест. В этих условиях объем производства не влияет (или незначительно влияет) на численность рабочих основного производства. Характер технологического процесса сводит трудовые операции в основном к наблюдению за работой машин и аппаратов.

На предприятиях химической промышленности разрабатываются программы реструктуризации с целью углубления специализации различных служб, обслуживающих производство: некоторые специальные службы заводов,

например, строительно-монтажные, столовые, гостиницы, спортивные клубы преобразуются в отдельные самостоятельные юридические лица. Часть заказов они получают от «родного» предприятия, а часть – ищут на стороне. Так в Новомосковске создана компания «Новомосковск - Ремстройсервис». Ее основным заказчик Новомосковская акционерная компания «Азот», но предполагается, что доля сторонних заказов будет увеличиваться. Подобные компании также есть в г. Кингисеппе Ленинградской обл. (созданы на базе ООО «ПГ «Фосфорит»), г. Невинномысске Ставропольского края (созданы на базе ОАО «Азот»).

Проводят централизацию вспомогательных служб заводов (КИПиА, складского хозяйства и др.). Из цехов помимо неснижаемого - аварийного запаса изымаются материалы, запасные части, как лишние и централизуются. Это облегчает планирование запасов, позволяет сократить замораживание оборотных средств, так как дает возможность упорядочить расходование средств, выделяемым инженерных службам.

Многие компании единственно возможный путь развития экспортно-ориентированных производителей связывают с объединением мощностей. В условиях жесточайшей конкуренции на международном рынке только объединение в мощные производственные структуры позволяет предприятиям отстаивать свое право на участие в международном разделении труда. Многие заводы в мире, вовремя не объединившись, перестали существовать, не выдержав конкуренции.

Сегодня, в условиях удорожания сырьевых и энергетических ресурсов, консолидация материальных и финансовых ресурсов позволяет осуществлять инвестиционные программы по модернизации производственных мощностей на основе инноваций, разрабатывать оптимальные схемы сбыта продукции. В этих условиях одна из основных задач – построить эффективную, гибкую управленческую структуру, способную быстро и адекватно реагировать на любые изменения, готовую к самосовершенствованию, имеющую необходимый творческий и интеллектуальный потенциал для развития фирмы.

Высокий удельный вес сырья и энергии в структуре затрат вызывает повышенную потребность в оборотных средствах, предопределяет повышенный грузооборот предприятий. Предприятия по производству минеральных удобрений перевозят миллионы тонн грузов различными видами транспорта: железнодорожным, морским, речным. Так предприятия минерально-химической компании «ЕвроХим» ежегодно по железной дороге перевозят 16-17 млн т грузов, используя для этого 6000 собственных и 2000 арендованных вагонов; отправляют и принимают продукцию через 50-60



портов мира, одновременно в работе находятся 12 судов. Транспортные расходы компании «ЕвроХим» составляют около 30% всех издержек на производство и реализацию продукции. Поэтому один из самых важных вопросов сегодня – построение эффективной транспортной системы.

Идет поиск новых подходов к управлению предприятиями и компаниями, разрабатываются управленческие стратегии. В основе управленческой модели МХК «ЕвроХим» положены стратегические цели компании, основанные на «лидерстве по минимальному уровню издержек» (Low Cost Leadership) и удовлетворенности конечного потребителя (в соответствии с международными стандартами ISO). С учетом мирового опыта МХК «ЕвроХим» выбрала модель управления «Стратегический контролер», которая ориентирована на разделение систем управления по продуктовым направлениям, управление дочерними обществами через систему корпоративного управления и единые стандарты, единую культуру постоянных улучшений. В политике управления указанной компании идет переход от принципов силы и контроля к культуре инициативы и ответственности.

Итак, основные направления инновационного развития производства минеральных удобрений включают:

- разработку новых и совершенствование производимых видов продукции, повышение их качества;
- расширение фосфатной базы промышленности минеральных удобрений и повышение экономичности производства за счет комплексного использования сырья;
- улучшение применяемой и внедрение более прогрессивной технологии и техники;
- совершенствование природоохранной деятельности и рациональное использование природных ресурсов;
- внедрение передовых методов организации производства, труда и управления.

### **3. ФИНАНСОВЫЙ КРИЗИС И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СИТУАЦИЮ НА ТОВАРНЫХ РЫНКАХ**

#### **3.1. Роль и перспективы серы как питательного элемента для растений**

Существует рынок, но трудно измерить его размеры, объём и дать оценку перспективам. Несмотря на то, что сера недавно была определена в качестве четвёртого основного питательного элемента после N, P и K и она нужна каждой сельскохозяйственной культуре, ещё необходимо достигнуть соответствие соразмерного спроса и предложения на серу для использования в сельскохозяйственных целях.

Признано, что сера является вторым питательным элементом, одним из 16 необходимых питательных элементов для растений и играет три ключевые роли в сельском хозяйстве:

1. как коррекция почвенного слоя для регулирования величины рН;
2. как питательный элемент;
3. как фунгицид;

Сера поглощается растениями в количествах, сравнимых с фосфором, на которую мировой спрос составляет около 35 млн т/т  $P_2O_5$ . Тем не менее, по данным некоторых промышленных аналитиков, в настоящее время используется только около 11-12 млн т в год серы в качестве удобрения в форме «свободной серы», которая входит в состав таких удобрений, как простой суперфосфат или сульфат аммония.

Другой, давно существующий источник поступления «свободной серы» - это промышленное загрязнение, особенно кислотные дожди. Этот фактор на протяжении долгого времени давал Европе и Северной Америке существенные накопления серы в почве. В действительности, до конца 1970/80-х годов около 33-50% серы в европейские почвы поступало с кислотными дождями. Слишком жёсткие экологические законодательные акты, такие как «Закон о чистом воздухе», принятый в США, способствовал сокращению кислотных дождей в течение двух последних десятилетий и снижению содержания серы в почве. Во всём мире ощущаются хронические недопоставки серы, а объёмы серы, вносимой как удобрение, существенно отстают от потребностей растений. В 1991 г. около 6-7 млн т в год серы только использовалось в качестве удобрения. По оценкам организации ФАО, мировые потребности сельскохозяйственных культур в сере составляли приблизительно 14 млн т. в год. К 2005 г., по оценкам экспертов, использование серы в качестве удобрения увеличилось до 10 млн т в год, в то время как потребности растений в сере превысили 20-22 млн т в год.

В пересчёте на продукцию, согласно мировым потребностям для 11 основных сельскохозяйственных культур в питательных веществах возросли приблизительно с 201 млн т/год за период с 1996-98 гг. до 253 млн т/год в 2010 г. В 2010 г. мировые потребности в сере для этих 11 сельскохозяйственных культур достигли 10,67 млн т/г. Принимая во внимание другие сельскохозяйственные культуры, общие потребности в сере как питательного элемента для растений, увеличиваются не менее чем на 14 млн.т в год во всём мире. Потребности в сере по всему спектру следующие: фактическое мировое потребление в питательных элементах существенно отстаёт от требований и, как было сказано выше, в случае с серой, разрыв между потребностями и фактическим применением увеличивается.

К 2000 г. было подсчитано, что мировые потребности в сере, как питательного элемента для растений, у 11 основных культур в Азии составило 44%, из которых потребности Китая составляют более чем половину, а Индии приблизительно на четверть. Потребности этих двух стран составляют 10% от мировой потребности в сере как питательного элемента для растений. Суммарные потребности стран Азии и Северной Америки составляют 2/3 от мировых. Сера в США в основном, нужна для кукурузы, пшеницы и сои. В Канаде сера требуется, в основном, для канолы и пшеницы. В Западной Европе сера требуется, в основном, для пшеницы, хотя возможное увеличение объёмов производства кукурузы и масличных растений для выпуска биотоплива может внести изменения в общий ассортимент сельскохозяйственных культур. В Латинской Америке сера, главным образом, требуется для выращивания сои.

### **Источники серы**

Самый элементарный источник серы в качестве питательного элемента для растений – это органические вещества, например, такие как солома и навоз животных. Однако количества извлекаемой серы, в лучшем случае, являются минимальными, и очень мало серы из этих источников достаётся растениям, потому что органическая сера просто не превращается в форму сульфата для усвоения растениями. По оценкам Института серы (TSI), только около 10% серы, применяемой в форме органического удобрения, удовлетворяют требованиям.

За период с 1996 по 1998 гг. общее количество мокрых и сухих атмосферных серных осадков в форме сульфатов, выпавших на мировые пахотные земли, составили 7 млн т в год. Главный источник таких осадков – это электростанции, работающие на сжигании угля. Ирригация – другой источник использования серы как питательного элемента для растений. По оценкам Института серы (TSI), более эффективное использование серы в

качестве питательного элемента для растений достигается во время ирригации земель, что на 10% больше по сравнению со средней величиной серы, поступающей в почву через осадки

Высокое соотношение использования серы как питательного элемента для растений дают такие удобрения, как простой суперфосфат, сульфат аммония и сульфат калия. Сера в простом суперфосфате поступает из побочного продукта гипса ( $\text{CaSO}_4$ ). В простом суперфосфате содержится 16%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 12% S, 20% Ca. В NPK-удобрениях, в карбамиде с напылением серы и фосфорных удобрений обычно содержится от 3 до 15%. Мировое производство простого суперфосфата за последние годы достигло 42-45 млн т. в год (6,4-6,9 млн т/год  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). Основные мощности сосредоточены в Азии, в основном это небольшие и старые установки в Индии и Китае. На продажу поступают очень малые объёмы этого продукта, приблизительно в количестве одного миллиона тонн в год. В большинстве стран мира вместо простого суперфосфата производятся тройной суперфосфат и ДАФ, тем не менее, он сохраняет свою нишу в Австралии и Новой Зеландии: австралийские фермеры продолжают вносить около 1 млн.т в год простого серосодержащего суперфосфата.

Почти весь сульфат аммония (21% N и 24% S) является побочным продуктом при производстве капролактама, который используется для производства нейлона. Последние достижения в технологии производства капролактама привели к сокращению выхода сульфата аммония: при применении технологий компаний BASF и DuPont он совсем не производится. Суммарное производство сульфата аммония в 2005 г. составило 3,74 млн т. N, что на 1,3% меньше по сравнению с 2004 г., когда было произведено 3,78 млн.т N. Азия и Западная Европа являются главными поставщиками сульфата аммония, производство которого в 2005 г. составило 883,300 и 827,800 тонн, соответственно. Суммарное североамериканское производство составило 707,000 тонн N. Согласно прогнозам Института серы (TSI), прослеживается тенденция, что в последующие годы рост производства сульфата аммония будет не более 1% в год. Австралийская компания Incitec Pivot использует сульфат аммония для производства удобрений NPK и продаёт свой продукт под маркой «SganAm».

Сульфатфосфат аммония представляет смесь сульфата аммония и фосфата аммония. Он бывает двух марок (16-2-0 и 20-20-0), из которых преобладает марка 20-20-0. В обеих марках содержание серы составляет 15%, которая есть и в сульфате аммония. Все три питательных элемента в легко доступной и усвояемой растениями форме.

За последние годы также стабилизировалось производство сульфата

калия ( $K_2SO_4$  : 50%  $K_2O$  и 18% S) и в среднем составило около 2,3 млн т в год  $K_2O$ . Основные количества  $K_2SO_4$  добываются из естественных природных месторождений, и он используется, в основном, с поташом для подкормки сельскохозяйственных культур, которые неустойчивы к хлору и для которых широко доступный хлористый калий (KCl) не подходит.  $K_2SO_4$  дороже, чем KCl и вносится, в основном, в качестве специального удобрения под ценные сельскохозяйственные культуры.

Можно непосредственно использовать гипс как удобрение, обеспечивая растения кальцием и серой. Он широко доступен и его можно свободно применять, так как он не изменяет pH почвы. Гипс также является относительно растворимым в воде, растворяясь до 2 г/л, при этом происходит быстрое выделение Ca и ионов сульфата в раствор почвы.

Имеющиеся источники гипса включают природный гипс, добываемый с геологических месторождений (13% S) и синтетический гипс как побочный продукт, получаемый при выработке электроэнергии и как продукт рецикла с различных производственных процессов. Существенные объёмы гипса (16% S) производятся в Центральной Флориде при производстве фосфорной кислоты на заводах по выпуску фосфорсодержащих удобрений в США, но очень жёсткие законодательные нормы по экологии ограничивают доступность этого материала другим пользователям.

Кизерит ( $MgSO_4 \cdot H_2O$ ) - сульфат магния, природный минерал, который встречается в шахтах по добыче хлористого калия и кизерита в Германии. Он производится по уникальной технологии электростатической сепарации (ESTA) и широко применяется в качестве минерального удобрения, а также является компонентом в промышленной и фармацевтической продукции.

Серу можно вносить непосредственно в почву как удобрение и фунгицид. Пириты (18-22% S) используются в некоторых регионах как серное удобрение. Много элементной серы производится в качестве побочного продукта на заводах по переработке нефти и углеводородов. Основная сера как побочный продукт для использования в сельском хозяйстве производится методом Клауса и по низкотемпературной, мокрой технологии восстановления-окисления железа (LoCat and Sulferox). В продуктах элементной серы содержится 85-100% S, но она напрямую не усваивается растениями. Она превращается в сульфатную форму, доступную для растений в почве под действием 3-окислительных бактерий. Сера, полученная по технологии Locate, является ценным питательным элементом и широко используется как удобрение и фунгицид, особенно в центральной Калифорнии. Расплавленную серу можно использовать в комбинации с бентонитовой глиной для производства очень

эффективного сельскохозяйственного удобрения. Дегазированную расплавленную серу обычно привозят с установок десульфуризации на газоперерабатывающих заводах и доставляют в ж/д цистернах или навалом на грузовиках для хранения в ёмкостях для расплавленной серы. Затем расплавленную серу загружают в смеситель периодического действия, где она перемешивается с бентонитовой глиной. Бентонитовая сера (90% S) - гранулированный продукт, который можно смешивать с другими удобрениями за исключением нитрата аммония. К ведущим производителям бентонитовой серы относятся такие американские компании, как OmniSulphur LLC и Tiger Industries/Tiger Sunbelt Industries. Последняя является ведущим североамериканским производителем пастиллированной бентонитовой серы, которая продаётся под торговой маркой Tiger 90.

Австралийская компания Agrow тоже плотно занимается производством специальных удобрений с содержанием серы. В её ассортимент входит гранулированное удобрение *Sulfer 95* (95% S), а также такие продукты, как сульфат марганца, сульфат магния и удобрения Blu-Min Zink. В среднем производство удобрения *Sulfer 95* составляет 120 тыс.т в год. Главным рынком считаются США, а Китай и Австралия становятся чрезвычайно важными целевыми рынками сбыта.

Было придумано множество способов, чтобы добавлять серу в конечные удобрения, но почти у всех имеются недостатки, такие как взрывоопасность при производстве, недоступность элементной серы из-за крупных размеров частиц и неспособности гранул разламываться и выделять серу. Компания Shel Canada разработала удобрение Sulphur Enhanced Fertilizer (SEF), которое решает эти проблемы, добавляя частицы элементной серы в высококонцентрированные удобрения ДАФ, МАФ и NPK. Испытания, проведённые в международном центре по разработке удобрений, показали, что прототипы высококонцентрированных удобрений с частицами серы в своих составах смогли увеличить урожайность более чем на 10%. Повышение урожайности было достигнуто без увеличения содержания азота и фосфора. Дополнительное преимущество заключалось в том, что появилась возможность использовать повышенную эффективность азота, что привело к сокращению образования тепличных газов  $N_2O$ . Продукт SEF, производимый компанией Shel Canada, прошёл полевые испытания в Китае, где эффективность использования серы на рисе и сое позволила сократить внесение азотных удобрений до 12,3 и 7,8 кг/га, соответственно.

Перспективы спроса на серу как питательного элемента для растений в высокой степени обнадеживающие.

Второй пункт, который следует отметить, это возрастающая тенденция в сторону выращивания сельскохозяйственных культур, которым нужна сера, таких как масличные культуры и культуры для производства биотоплива, включая кукурузу и масличный рапс. Картина мировых поставок серы как питательного элемента для растений прояснится в ближайшем будущем и, вероятно, очень скоро.

### **3.2. Ситуация на товарных рынках и мероприятия по ликвидации последствий мирового кризиса**

Период роста потребления на товарных рынках продолжался вплоть до середины 2008 г., после чего сменился периодом резкого спада, характеризующимся глубоким системным кризисом всей мировой экономической системы.

Наступивший в 2007 г. финансовый кризис, перешедший в быстроразвивающуюся негативную фазу во втором полугодии 2008 г., охарактеризовался массовым оттоком капитала с мировых фондовых рынков, усугубившим падение фондовых индексов на всех мировых биржах, что привело к масштабному мировому кредитному кризису и, как следствие, резкому сокращению инвестиций в производственный сектор.

Первым на финансовый кризис отреагировал рынок нефти, который ощутил отток финансовых средств в наиболее ликвидный валютный сектор (FOREX). Данное обстоятельство привело к росту курса доллара США, что неизбежно сказалось на удорожании экспортных поставок, и, как следствие, снижении товарного потребления. Обвальная характеристика тенденций на товарном рынке также объясняется недостатком финансовых средств у потребителей рынка и их выжидательной политикой в условиях финансовой нестабильности.

Свидетельством обвального снижения мировой торговли традиционным многотоннажным сырьем и продуктами является практически 10-кратное снижение фрахтового индекса в конце октября относительно июльских величин. При этом необходимо отметить продолжающееся снижение индекса и в начале ноября 2008 г., что отражает продолжающийся негативный процесс сокращения грузопотоков. Достигший к 20 мая 2008 г. рекордной отметки в 11793 пункта (увеличившись за 3 предшествующих года более чем в 3 раза), индекс DBI упал на фоне развивающегося финансового кризиса более чем на 90% - ниже 1000 - впервые за последние 6 лет, что отражает резкое снижение мировых грузовых перевозок.

По сообщению Lloyd's Registers Group, в октябре 2008 г. мировой объем заказов на морские грузоперевозки снизился на 90%. Всего в октябре 2008 г. было зафрахтовано 37 судов, включая контейнеровозы и танкеры, против 378 в октябре 2007 г. Новые заказы со стороны Китая в октябре 2008 г. упали на 62% до 24,4 млн т со стороны Южной Кореи - 50% - до 33,7 млн т.

Переломный момент на товарном рынке наступил в июле 2008 г, когда цена на нефть достигла своего исторического максимума, ослабив при этом доллар США и «взвинтив» до беспрецедентного уровня импортный товарооборот: активный рост товарного рынка сменился еще более активным спадом.

Действия ведущих мировых производителей

В 4-м квартале 2008 г. ведущие мировые производители объявили о сокращении производства:

### **1. нефть:**

- в целях стабилизации нефтяного рынка и обеспечения оптимального баланса спроса и предложения страны - члены ОПЕК приняли решение о снижении добычи нефти с ноября 2008 г. на 5%;

### **2. аграрная продукция:**

- в связи с резким падением цен на нефть страны ЕС и США пересмотрели планы по производству биотоплива, в результате плановые объемы производства сельскохозяйственных культур на 2008 - 2009 гг., являющихся сырьем для биотоплива, были в значительной степени секвестированы;
- с увеличением курса доллара США, соответствующая стоимость закупки зерна для потребностей США возрастает, что увеличивает вероятность снижения экспорта и, как следствие, снижения цены фьючерсов на зерновые контракты;

### **3. минеральные удобрения:**

- секвестирование плановых объемов производства сырья для биотоплива и снижение потребительского спроса на зерновые культуры в США, а также фактор сырьевого «затоваривания» мировых сельхозпроизводителей, привели к значительному снижению спроса на минеральные удобрения;
- компания Mosaic - ведущий производитель минеральных удобрений в США – с низила объёмы производства более чем на 10%;
- североафриканские производители ОСР (Марокко), GCT (Тунис) объявили о полной остановке производства в ноябре - декабре 2008 г;
- компания Yara приостановила работу предприятия по выпуску аммиака и карбамида в Италии, а также полностью остановила производство аммиака и карбамида во Франции и существенно сократила производство на самом



крупном европейском заводе в Нидерландах (аммиак и карбамид). Всего с учетом ранее объявленных остановок на 01 ноября 2008 г., сокращение объемов производства компанией Yara в годовом выражении составит, (млн т/год): аммиака - 1,9, карбамида - 1,1.

- всего производители минеральных удобрений объявили о вынужденном сокращении производства в ноябре/декабре 2008 г. товарного аммиака на 750 тыс.т/мес., что составляет 50% объемов мировой торговли, карбамида – 650 тыс.т/мес. или 25% объемов мировой торговли, 500 тыс.т/мес. диаммонийфосфата, более 50% мировой торговли.
- до конца 2008 г. было остановлено производство минеральных удобрений на предприятиях компании BASF в Людвигс-хафене (Германия) и Антверпене (Бельгия). Кроме того, компания BASF сообщила о временной остановке химических предприятий «в связи со снижением спроса со стороны клиентов, представляющих ключевые отрасли». Эти меры затрагивают все шесть крупных промышленных конгломерата BASF в Европе, Азии и Северной Америке и действовали, как минимум, до конца января 2009 г.

#### **4. алюминий:**

- в связи с падением спроса на металл компания Rio Tinto приняла решение об остановке предприятия по выпуску первичного алюминия мощностью 1 млн т/год;

#### **5. сталь:**

- «АрселорМиттал», крупнейший мировой производитель стали, заявил о снижении производства в Америке и Европе более чем на 35% и 30%, соответственно. Снижение на предприятиях компании в Азии, России и Африке составило более 35%. Итоговое сокращение производства в 4-м квартале 2008 г. составило около 9 млн т. (Nov. 5, Bloomberg);
- из-за снижения спроса на сталь о снижении производства заявили Nippon Steel Corp., JFE Steel Corp. и другие крупнейшие японские производители (Oct. 21 Bloomberg);
- ОАО «Северсталь» сократило производство стали - Череповецкий металлургический комбинат сократил производство стали примерно на 25%, в ноябре-декабре 2008 г. снижение объемов производства составило 50%. Аналогичное сокращение объемов производства зафиксировано и на Магнитогорском металлургическом комбинате.

Снижение производства и цен на мировых товарных рынках усугубляется значительными накопленными запасами продукции и сырья – сырьевым «затовариванием» в условиях роста цен на энергоносители. Так, коммерчески доступные запасы алюминия на Лондонской бирже металлов достигли 3-х

летнего максимума (1,4 млн т), что составляет 40% месячного потребления алюминия в мире. Выше типичных являются запасы железорудного сырья и стали – только в КНР запасы железорудного сырья достигли 2х месячной нормы потребления, что привело к обвалу мировой торговли данным видом сырья как в отношении объемов, так и цен. По оценкам экспортеров рынка стальной продукции, существующий запас закупленного сталепроизводителями чугуна при сохранении текущей ситуации во всех сегментах стального проката может обеспечить выпуск стали до середины 1-го квартала 2009 г. («Промышленные грузы», №139, 27 октября). В свете сырьевого «затоваривания» на предыдущем этапе развития товарного рынка (до июля 2008 г.) потребительский спрос по ряду сырьевой продукции в ноябре 2008 г. упал более чем на 70% по сравнению с январем 2008 г.

### **Российская специфика и действия производителей удобрений**

Первые признаки не только торможения роста цена промышленных производителей, но и их снижения появились уже в сентябре 2008 г. По данным Федеральной службы государственной статистики, снижение цен относительно августа 2008 г. зафиксировано в металлургическом производстве (99,8% к августу 2008 г.), производстве резиновых и пластмассовых изделий (99,6%), производстве прочих неметаллических минеральных продуктов (99,2%). В октябре и последующие месяцы тенденция снижения цен промышленных производителей в ответ на трудности в реализации продукции будет набирать силу, что отразится в снижении индексов цен, т.е. фактически будет означать дефляцию.

О 50%-м сокращении объемов выпуска азотных удобрений и азофоски в ноябре-декабре 2008 г. сообщила группа «Акрон». По сообщению РБК-Daily (Санкт-Петербург) на последней неделе ноября 2008 г. полностью остановил производство удобрений и полупродуктов крупнейший в Ленинградской области производитель ООО «Фосфорит» (Кингисепп). Продолжительность оценивается в 1-1,5 месяца в зависимости от ситуации на мировых товарных рынках.

В Российской Федерации тенденция трудностей с реализацией и снижением цен на традиционные промышленные продукты набирает силу в 4-м квартале 2008 г. Для поддержания баланса спроса и предложения производители вышеуказанной группы продуктов предпринимают следующие меры:

- существенно, до уровня текущих затрат, снизили цены на производимую продукцию для восстановления сбыта в условиях ограниченного спроса. В результате в 4-м квартале 2008 г. зафиксирована дефляцию, т.е. снижение цен относительно предыдущего периода. Это негативно отразилось на доходах производителей и их инвестиционных планах развития производства;

- максимально используют складские мощности как собственно на производстве, так и в товаропроводящей сети;
- снижают объёмы производства до технологического минимума;
- временно останавливают производство.

Российские производители минеральных удобрений в этот критический период оказались под двойным воздействием пошлин: действующих до 30.04.2009 г. вывозных и ввозных на ключевые рынки потребления (табл.21). В условиях балансирования эффективности реализации удобрений на экспорт на грани рентабельности действие вывозных таможенных пошлин на минеральные удобрения существенно ухудшает финансовые показатели российских производителей и приводит к убыточности производства. Последствиями этого является сокращение капитальных вложений в развитие и поддержание производства, потеря занятой рыночной ниши, сокращение объемов производства. Поэтому в текущих условиях необходима отмена вывозных таможенных пошлин на минеральные удобрения.

Теряет смысл и сохранение вывозных пошлин на сырье для производства минеральных удобрений (апатитовый концентрат, сера), так как сокращается спрос на внутреннем рынке.

**Таблица 21**

**Сводная таблица ограничительных мер введенных в отношении  
русской агрохимической продукции и действующих в настоящее  
время.**

Регион, страна	Продукт	Ограничение	Дата введения	Примечания
ЕС-25	сульфат аммония, кальциево-аммиачная селитра, аммиачная селитра, КАС, карбамид, диаммонийфосфат, аммофос, NPK, NP, NK	ввозная пошлина -6,5%		
	аммиачная селитра	антидемпинговая пошлина - 47,07 €/т	апрель 2007	Особый режим для продукции ОАО "Акрон" и Еврехима
	стабилизированная аммиачная селитра с фосфорной и/или калийной составляющей менее 3%	антидемпинговая пошлина - 45,66 €/т	июнь 2005	

**Ситуация на товарных рынках промышленной продукции в 4-м квартале 2008 г. и предложения по минимизации последствий сокращения спроса на внешнем и внутреннем рынках**

Регион, страна	Продукт	Ограничение	Дата введения	Примечания
ЕС	Стабилизированная аммиачная селитра с фосфорной и/или калийной составляющей в пределах 3-6%	Антидемпинговая пошлина - 44,25 €/т		
	Стабилизированная аммиачная селитра с фосфорной и/или калийной составляющей в пределах 6-9%	Антидемпинговая пошлина - 42,83 €/т		
	Стабилизированная аммиачная селитра с фосфорной составляющей в пределах 9-10,4%	Антидемпинговая пошлина - 42,17 €/т		
	Стабилизированная аммиачная селитра с фосфорной и/или калийной составляющей в пределах 9-12%	Антидемпинговая пошлина - 41,42 €/т		
США	Аммиачная селитра	Минимальная цена fob российский порт минимум цены на рынке США - фрахт. Квота на год - 172 тыс.т. Сверх квоты пошлина - 253,9%	Февраль 2006	
	Карбамид	Антидемпинговая пошлина – 68,26%	Май 2005	
Китай	Аммиачная селитра	Запрет на ввоз (отнесение к классу взрывчатых веществ)	Ноябрь 2002	
Индия	Аммиачная селитра	Минимальная цена - 164,12 долл/т с учетом 25% таможенной пошлины и расходов на выгрузку	Апрель 2003	ОАО "Невинно-мысский Азот" -без ограничений
Филиппины	Аммиачная селитра	Запрет на ввоз		
Ирландия	Аммиачная селитра	Запрет на ввоз		
Малайзия	Аммиачная селитра	Запрет на ввоз		
Австралия	Аммиачная селитра	Пошлина 67%	Май 2006	

В условиях кризиса на мировых и товарных рынках Госсовет КНР принял решение о введении гибкой системы экспортных пошлин и фактически о предоставлении экспортных «окон» для китайских производителей минеральных удобрений. Так, уже в декабре 2008 / январе 2009 г. вывозные пошлины на фосфорсодержащие удобрения (аммофос, диаммонийфосфат, тройной суперфосфат) и карбамид снижены со 110% до 10%. Появление удобрений из КНР в условиях резкого сокращения спроса приведет к еще большему давлению на цену и увеличению сроков выхода потребления из депрессии.

### **Выводы:**

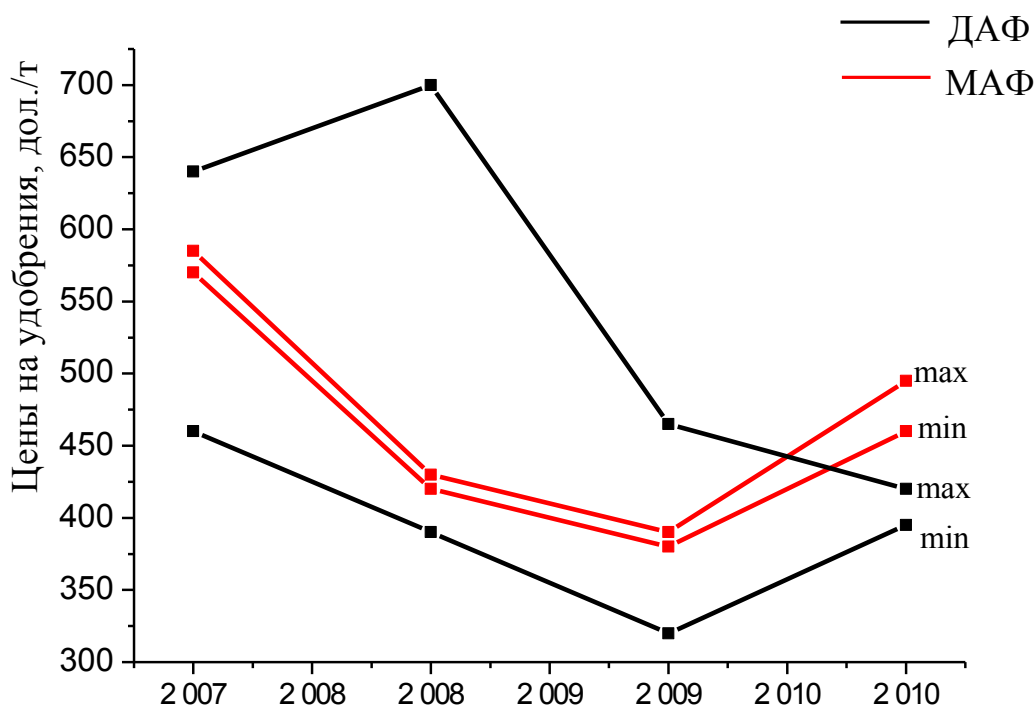
Очевидно, что продолжительность кризиса в мировой экономике оказалась значительной и полностью затронула 1-е полугодие 2009 г. Оживление мировой торговли наступит только после перехода на новую платформу цен на сырьё и продукцию, и сокращения до адекватных объёмов остатков по всей товаропроводящей сети.

В этих условиях, кроме мер, предпринимаемых самими компаниями и производителями по минимизации потерь от сокращения объёмов мировой торговли, необходим комплекс мер по государственной поддержке промышленных производителей, направленных на минимизацию ущерба от мирового кризиса и предотвращения негативных социальных последствий:

- 1) стимулирование спроса со стороны потребителей промышленной продукции: строительства, агропромышленного комплекса, торговли посредством целевого государственного заказа и субсидирования, в том числе и посредством формирования государственного заказа по ключевым группам товарной продукции;
- 2) отмена вывозных таможенных пошлин на минеральные удобрения и сырьё для их производства;
- 3) поддержание текущей ликвидности производителей за счёт ускоренного (в течение 1 мес. с момента подачи документов) и упрощённого возврата НДС традиционным производителям - экспортёрам;
- 4) стимулирование и поддержка биржевой торговли как эффективного механизма объективного определения баланса спроса и предложения в кризисных условиях и оживления реализации продукции.
- 5) поддержание инвестиционной деятельности компаний путем налогового стимулирования;
- 6) поддержка российского экспорта и участие государства в сохранении действующего режима доступа российской химической продукции на мировые рынки в условиях ужесточения мер по защите рынков потребления.

### 3.3. Динамика изменения цен на сырье и продукцию в 2007-2009 г.г.

Анализируя изменения мировых цены на ДАФ и МАФ с 2007 по 25.01.2010 год, можно сказать, что на сегодняшний момент имеется тенденция роста цен на данный вид продукции. Так, цены на ДАФ на 25.01.2010 год по сравнению с 2009 годом увеличились на 8,92%, на МАФ – на 18,3% соответственно. Наибольшее снижение цен наблюдалось в период 2008-2009 годов и составило: ДАФ - 27,98% , МАФ - 9,41%.



**Рис.30. Динамика изменений мировых цен на МАФ и ДАФ с 2007 по 25.01.2010 года**

#### **Выводы по анализу мировых цен на моно- и диаммоний фосфат:**

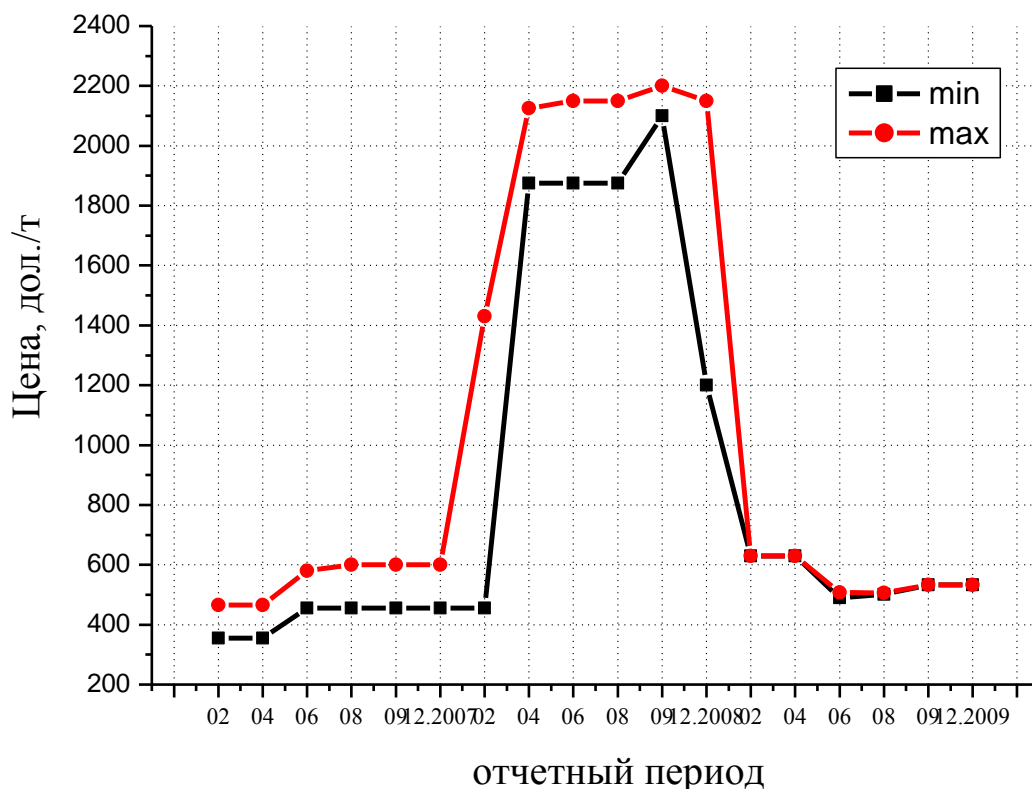
Сравнивая цены на МАФ и ДАФ за 2007 – 2010 (по 25.01) , можно сказать, что уровень минимальных цен на моноаммоний фосфат выше, чем на диаммоний фосфат в среднем на 14,17% за рассматриваемый период. Величина максимальных цен на аналогичную продукцию имеет обратную тенденцию, ДАФ дороже в среднем на 21,10% .

Анализируя общую структуру цен на данный вид продукции, можно сказать, что по сравнению с 2007 годом в настоящий момент цены значительно ниже. К 2010 году разрыв между максимальным и минимальным уровнем цен на ДАФ сократился с 180 до 65 дол./т, т.е. почти в 3 раза. Увеличение цен за период 2007-2008 года вызвано удорожанием сырья для производства данного

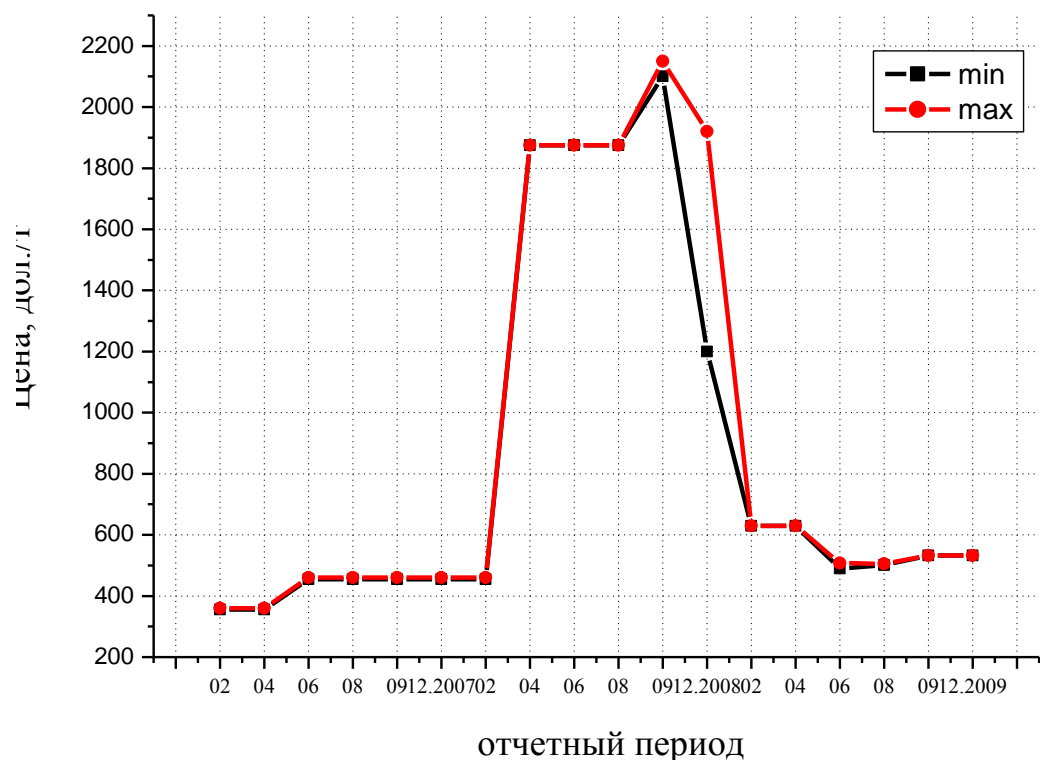
вида удобрений. На сегодняшний день, судя по уровню цен на 25.01.2010 г., имеется тенденция их небольшого увеличения на 8,92% и 18,83% для ДАФ и МАФ соответственно. Это может быть вызвано стремлением компаний покрыть расходы производства, вызванные увеличением цен на материальные средства и увеличением налоговых сборов с предприятий.



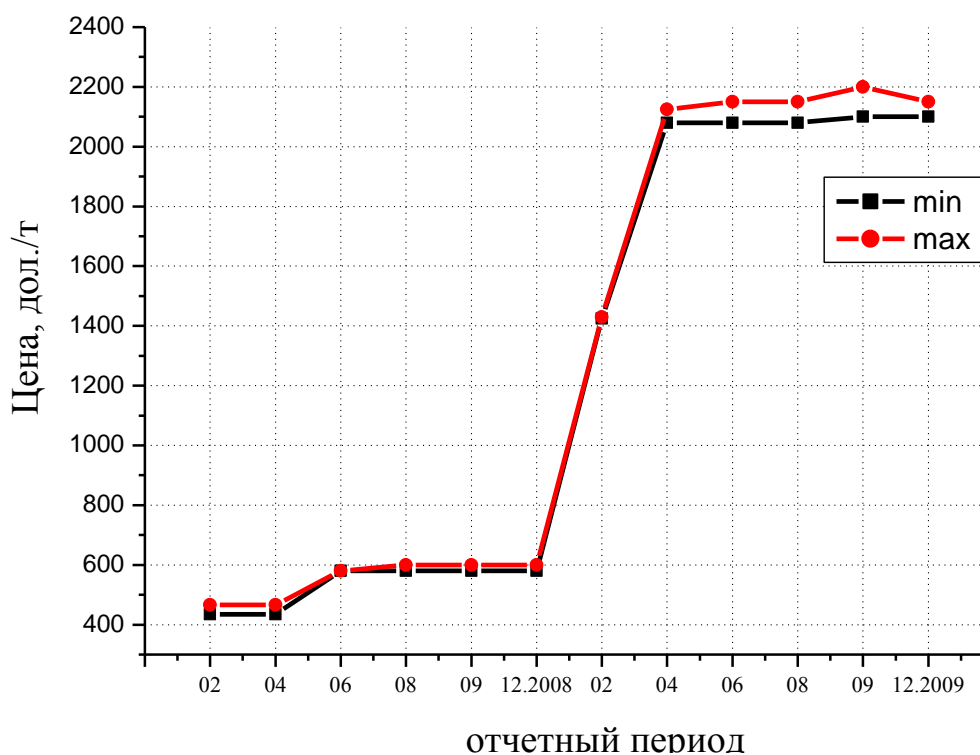
**Рис.31. Изменения цен на фосфорное сырье в мире**



**Рис.32. Изменение цен на фосфорную кислоту в мире**



**Рис.33. Изменение цен на фосфорную кислоту в США**



**Рис.34. Изменение цен на фосфорную кислоту в Европе**

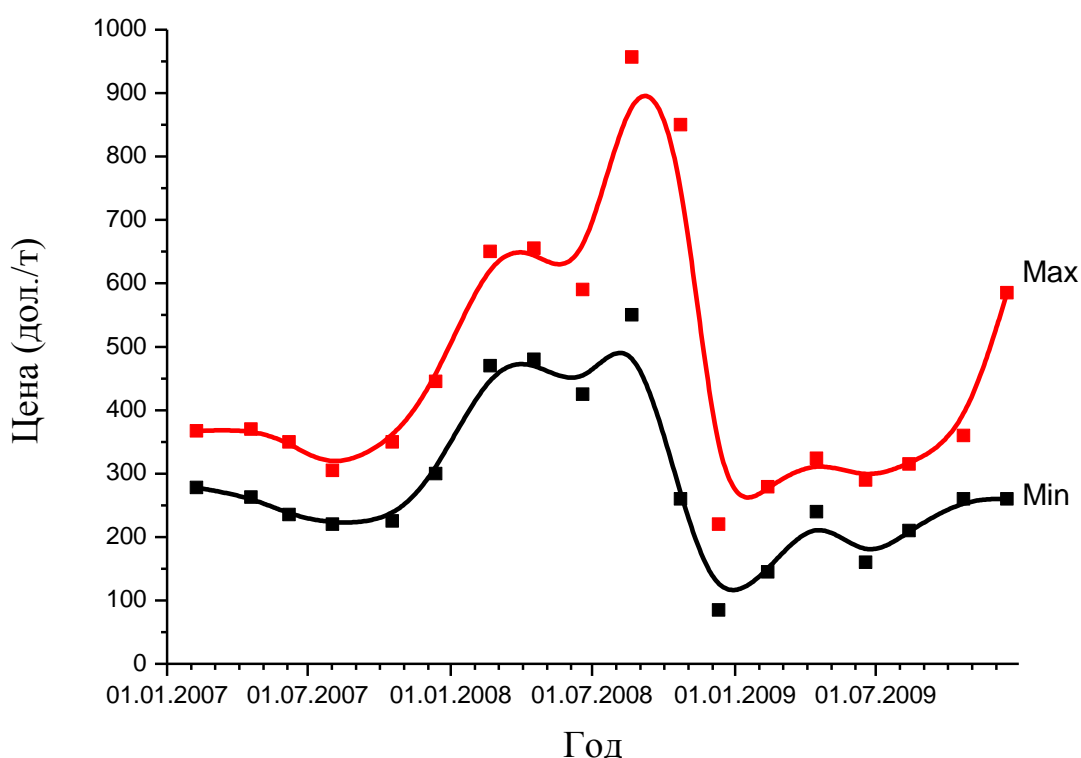
Анализ литературных данных свидетельствует о том, что цены на фосфорное сырье увеличились в 2008 году по сравнению с 2007, и максимальная величина составила 2150 дол/т на конец года. К концу 2009 наблюдалась тенденция снижения цен на оба вида продукции, причем данные



величины по значению ниже по сравнению с 2007 г. Кривые минимальных и максимальных цен идут почти параллельно друг другу, что говорит о сохранении определенной разницы между ценами.

Цены на фосфорную кислоту также повысились почти к концу 2008 в 3,6 раза по сравнению с 2007 годом (2007 г. – 600 дол/т, 2008 - 2150 дол/т). К 2009 году цены также понизились, но не опустились ниже уровня цен 2007 года, как это было по фосфатному сырью.

При анализе цен на данную продукцию в различных странах видно, что в Европе цены значительно выше, чем в США. В 2008 году существенных изменений цен на продукцию фосфорной кислоты не наблюдалось.



**Рис.35. График изменений цен на аммиак с 2007 по 2009 годы**

Цены на аммиак имели тенденцию к увеличению до осени 2008 года, где достигли своей максимальной величины – 957 дол./т. После сентября 2008 года цены резко уменьшились, достигнув своего минимума в начале 2009 года. Минимум можно объяснить началом глобального экономического кризиса. Начиная с осени 2009 года, цены снова начали постепенно возрастать, это можно объяснить начинающим выходом из экономического кризиса.

Анализ изменения цен на серу с 2007 по 2009 год показывает, что максимальная цена за тонну составляет 890 дол/т на 19 июня 2008, а минимальная составляет 35 дол/т на 8 февраля 2007.

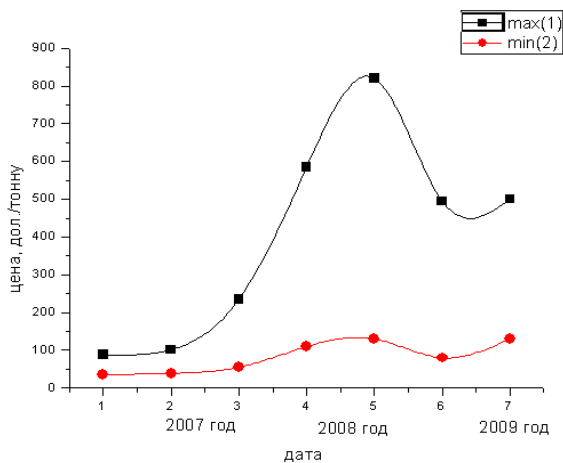


Рис.36. График изменения цены на серу в 2007-2009

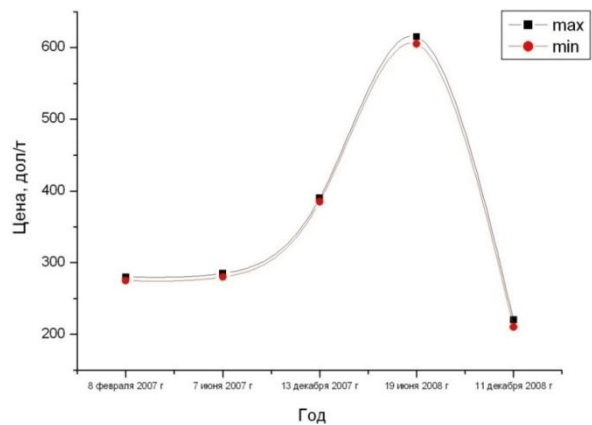


Рис.37. График изменения цен на карбамид в 2007-2009 г

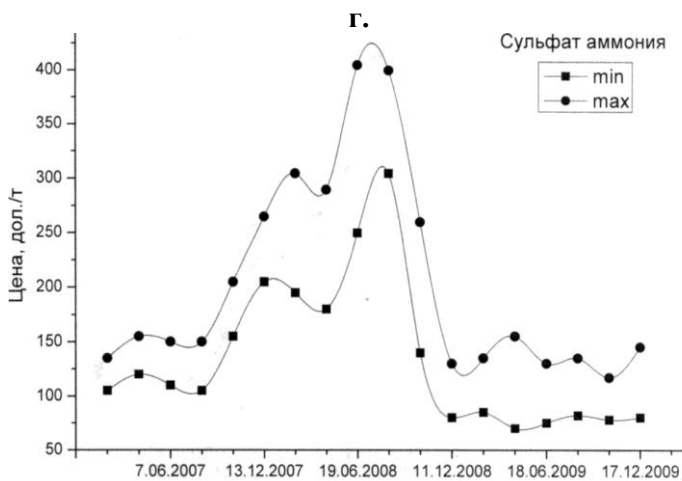


Рис.38. Мировые цены на сульфат аммония ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

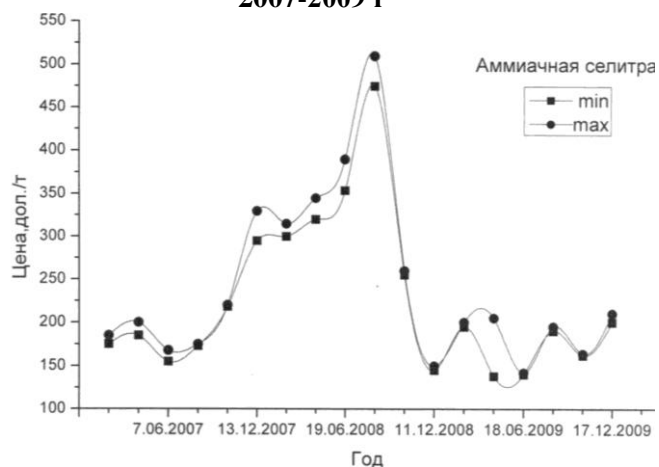
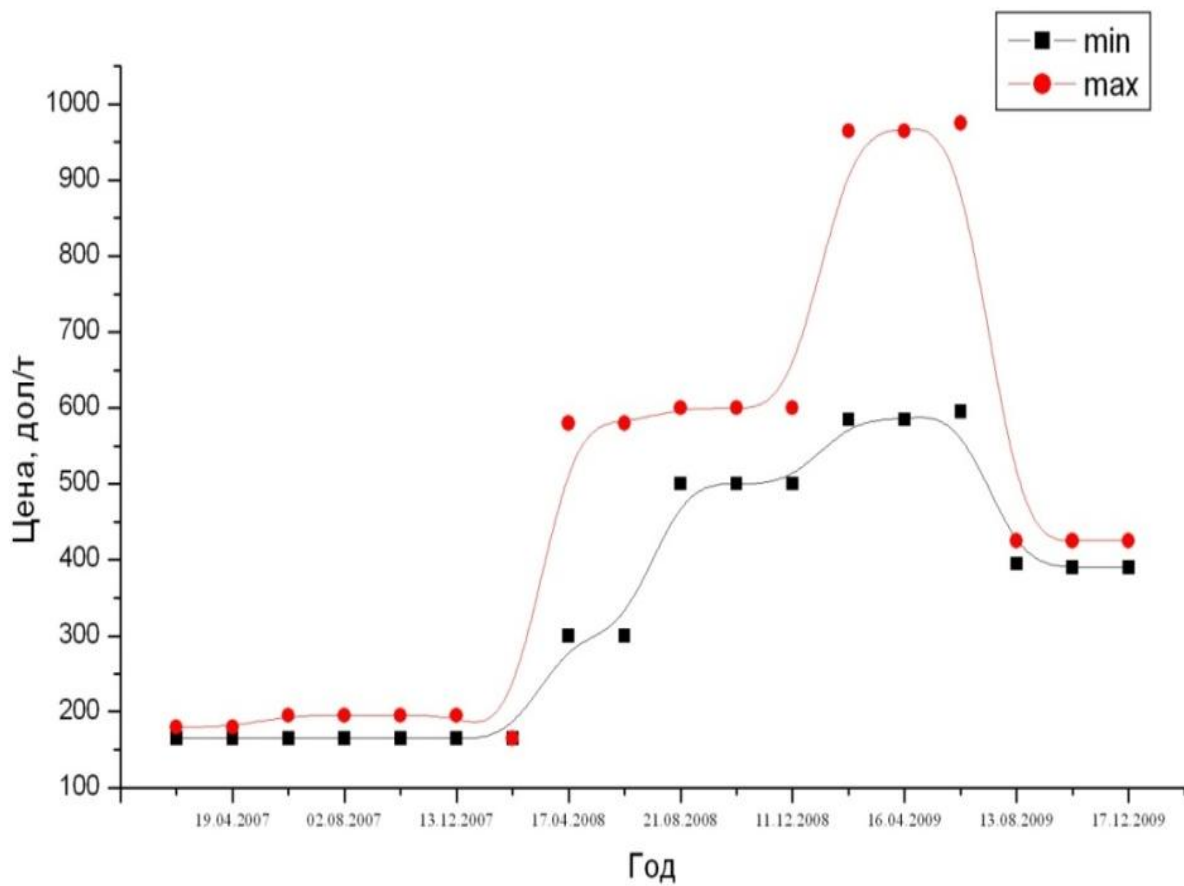


Рис.39. Мировые цены на аммиачную селитру (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>)

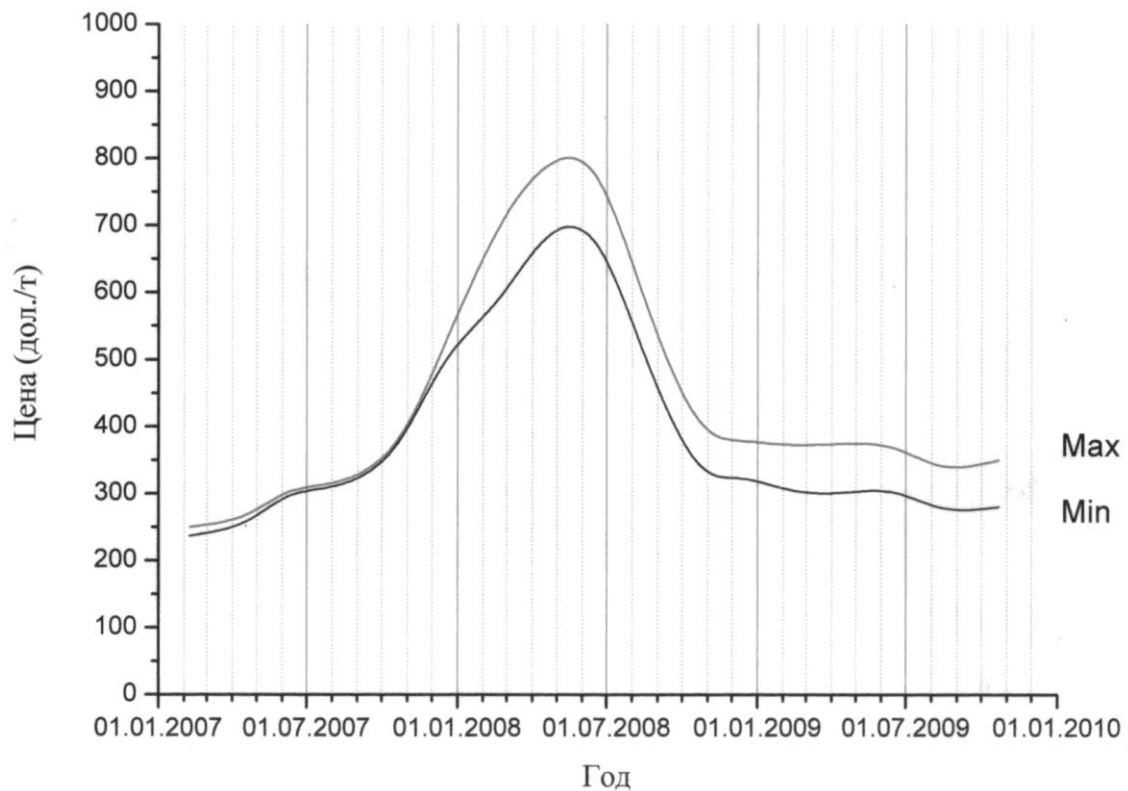
Как видно из графиков до середины 2008 года наблюдается рост цен на азотные удобрения (аммиачная селитра, сульфат аммония, карбамид). К концу 2008 и началу 2009 года наблюдается резкое снижение цены, и далее в течение 2009 года незначительное их колебание, что может быть связано со снижением спроса на продукцию в связи с глобальным экономическим кризисом.

Аналогичная картина наблюдается и с NPK удобрениями.

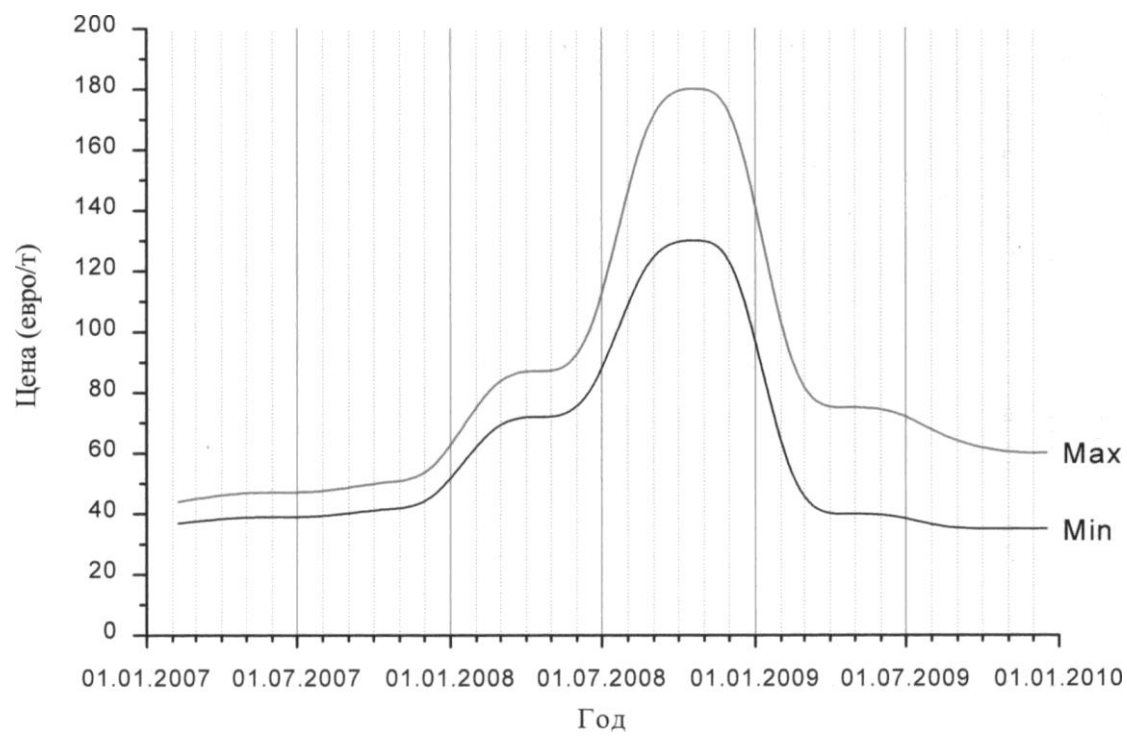
Цены на серную кислоту начали расти с января 2008 года и достигли своей максимальной величины - 180 евро/т. Осенью 2008 года цены резко уменьшились, достигнув своего минимума в начале 2009 года. Это можно объяснить глобальным экономическим кризисом. С февраля 2009 года цены начали падать и до декабря оставались неизменными.



**Рис. 40. Цены на КС1 с 2007 по 2009 год**



**Рис.41 Цены на NPK удобрения с 2007 по 2009 год**



**Рис.42. Цены на серную кислоту с 2007 по 2009 год**

## Список литературных источников

1. Алейнов, Д. П. Основные направления технического прогресса в азотной промышленности / Д. П. Алейнов // Хим. промышленность сегодня. – 2005, № 9. – С. 3 – 15.
2. Бабкин, В.В. Фосфорные удобрения России / В.В. Бабкин, А.А. Бродский. – М.: ТОО «Агрохимпринт», 1995. – 222 с.
3. Мировой рынок фосфорсодержащих удобрений и тенденции его развития // Вести нефтехимии. – 2007. № 3. – С.50 – 56
4. Левин, Б. В. Актуальные тенденции и перспективы развития производства комплексных удобрений в мире и особенности их производства в России / Б. В. Левин // Мир серы, N, P и K. 2007. - №3. С.14 – 23.
5. Бродский, А.А., Гриневич В.А., Гриневич А.В. Современное состояние производства моноаммонийфосфата из апатитовой ЭФК и направления его оптимизации / А.А. Бродский, В.А. Гриневич, А.В.Гриневич // Хим. промышленность сегодня. – 2003. - № 8. С. 29 – 35.
6. Гриневич, В.А. Исследования по получению концентрированных марок аммофоса из экстракционной фосфорной кислоты / В.А. Гриневич, М.Л. Маркова, В.И. Родин, В.М. Резеньков // Мир серы, N, P и K. – 2008. - №3. – С. 3 – 7.
7. Позин, М. Е. Технология минеральных удобрений. – Изд. 4-е; исправл. – Л.: Химия, 1974.
8. Гриневич, В.А. О направлениях расширения ассортиментного ряда фосфатов аммония из апатитовой ЭФК. / В.А. Гриневич, Б.В. Левин А.В. Гриневич, А.М. Кержнер // Труды НИУИФ, 2004. – С. 179 – 185.
9. Производство сложных карбамидо-фосфатных удобрений // Мир серы, N, P и K. – 2008. – №3. – С.14 – 19
10. Казак, В.Г. Безотходная технология использования низкосортного сырья для получения РК-удобрений. / В.Г. Казак, А.М. Норов, К.Н. Овчинникова, Г.С. Размахнина // Мир серы, N, P и K. – 2008. – №4. – С. 3 – 5.
11. Левин, Б.В. О состоянии и перспективах производства смешанных минеральных удобрений в России // Мир серы, N, P и K. – 2009. – №4. – С. 3 – 13.
12. Коршунов, В.В. Инновационные процессы на предприятиях по производству минеральных удобрений // Мир серы, N, P и K. – 2009. – №4. – С. 14 – 20.

Учебное издание

Ильин Александр Павлович

Ильин Александр Александрович

Современные проблемы

химической технологии неорганических веществ

Учебное пособие

Редактор В.Л. Родичева

Подписано в печать 11.05.2011. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая.

Усл. печ. л. 7,91. Уч.-изд. л. 8,77. Тираж 50 экз. Заказ

Ивановский государственный

химико-технологический университет

Отпечатано на полиграфическом оборудовании

кафедры экономики и финансов ИГХТУ

153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7