

П-167/2

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
СССР

2

НОВОСИБИРСК

1961

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Л. С. Попырин. Выбор оптимальных конечных параметров и единичных мощностей турбин крупных конденсационных электростанций в условиях Центральной Сибири	3
А. А. Ильин. Система комплексной телемеханизации горных работ	11
В. М. Владимиров. К теории экскавационных колес вращающихся экскаваторов	17
Н. Г. Капустин. Оптимальный коэффициент одновременности разработки пластов угольной свиты	25
Ю. Н. Пиотух. О движении трехкомпонентного потока	33

ХИМИЯ

А. Н. Киргинцев, Л. Н. Ефанов, Н. И. Бурлакова. Изучение переходов стабильного состояния в метастабильное. I. Поверхностное натяжение водных растворов солей	39
Г. В. Гайдуков, Н. М. Волкова. Получение литого ванадия	43
М. Ф. Шостаковский, Г. Г. Скворцова, М. Я. Самойлова, К. В. Запунная. Виниловые соединения. Сообщение 2. Сополимеризация виниловых эфиров крезольной фракции смолы полукоксования с акроленом в присутствии ионных катализаторов	50
Л. Б. Фишер, М. П. Терпугова, И. Л. Котляревский. Дегидрирование дизамещенных бутанов. Дегидрирование 2, 3-диметилбутана и 2, 3-диметилбутенов в присутствии разбавителей	57
Р. Г. Розентретер, Н. С. Берсенева, А. А. Горюнова. О спекании алюмосиликатов с известняком и восстановителем в ползаводской вращающейся печи	61
М. А. Михайлов, Т. И. Ведерникова, Е. П. Ожигов. Пирогидролиз кварц-карбонатных датолитовых руд в динамических условиях	68
М. Ф. Ляпунов. Гидрохимическая характеристика р. Оби на участке Новосибирского водохранилища	76

БИОЛОГИЯ

Н. Б. Христолюбова. Ультраструктура хромосом	86
А. Я. Клочкова. Влияние фотопериодических условий на физиологические функции животных	98
В. Д. Пастухов. Об осеннем и раннезимнем распределении нерпы на Байкале	108
М. А. Лурье, Г. В. Линдеман. Стволовые вредители даурской лиственницы в Забайкалье	116

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. С. Бацанов, Л. Н. Мазалов, В. И. Чирков. Расчет рефракции «неблагородногазовых» ионов	121
А. С. Рожков, Б. П. Сеидарович, К. Н. Данович. Об изменении содержания полисахаридов в стволе лиственницы, поврежденной сибирским шелкопрядом	125

ХРОНИКА

А. А. Опаловский. Конференция, посвященная 100-летию со дня рождения основоположника физико-химического анализа акад. Н. С. Курнакова	128
П. П. Хороших. Илимская историко-этнографическая экспедиция Иркутского университета	130

ИЗВЕСТИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК СССР
1961

Л. С. ПОПЫРИН

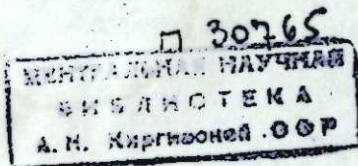
**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ КОНЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ
И ЕДИНИЧНЫХ МОЩНОСТЕЙ ТУРБИН
КРУПНЫХ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ
В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ**

В ближайшее время Центральная Сибирь, располагающая колоссальными энергетическими ресурсами, призвана сыграть большую роль в осуществлении грандиозной программы сплошной электрификации страны. Отличительной особенностью сибирской энергетики является возможность получения огромного количества дешевой электроэнергии как на гидравлических, так и на тепловых электростанциях. На долю последних будет приходиться около двух третей общей выработки электроэнергии. Значительная часть новой мощности, вводимой на тепловых электростанциях, будет устанавливаться на конденсационных электростанциях. Так, к концу указанного периода ежегодный прирост мощности на КЭС составит около 3 млн. квт. Подобные темпы развития теплоэнергетики Сибири могут быть достигнуты только путем строительства крупных конденсационных электростанций мощностью до 3—4 млн. квт с агрегатами единичной мощностью 300, 500, 800 Мвт и выше.

Как известно, выбор всех параметров и характеристик оборудования электростанции должен производиться с учетом условий их работы и в первую очередь с учетом стоимости топлива в районе сооружения электростанции. Почти во всех случаях приходится выбирать между вариантами, обеспечивающими дополнительную экономию топлива, но более дорогими по начальной стоимости, и вариантами менее экономичными, но более дешевыми. На выбор конечных параметров цикла, кроме стоимости топлива, значительно влияет величина расчетной температуры охлаждающей воды, определяемая климатическими условиями района расположения станции и видом системы водоснабжения.

Проработки ЭНИН АН СССР [1—3] показали, что разнообразные условия водоснабжения и топливоснабжения не могут быть экономично учтены единым типоразмером турбины с унифицированными для всех условий значением стандартного вакуума и величиной потери с выходной скоростью последней ступени. Ниже изложены результаты выполненной в Транспортно-энергетическом институте СО АН СССР работы по определению конечных параметров крупных блоков применительно к условиям топливоснабжения и водоснабжения КЭС, а также с учетом ожидаемых режимов работы турбоагрегатов в Единой Энергетической Системе Центральной Сибири.

Основными базами топливоснабжения тепловых электростанций Центральной Сибири являются Канско-Ачинский и Кузнецкий бассейны. Канско-Ачинский бассейн характеризуется исключительно благоприятными геологическими условиями: неглубокое залегание углей (20—100 м) и большая мощность пластов (12—70 м). Это позволяет широко развить



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

д-р хим. наук В. Т. Быков, член-корр. Т. Ф. Горбачев (зам. главного редактора), д-р физ.-мат. наук Л. В. Киренский, д-р техн. наук К. Н. Коржавин, проф. В. А. Крогов, д-р биол. наук Г. В. Крылов, член-корр. А. В. Николаев, член-корр. И. И. Новиков, член-корр. Г. А. Пруденский, акад. С. Л. Соболев (главный редактор), д-р биол. наук К. А. Соболевская.

Адрес редакции: г. Новосибирск, ул. Советская, 20.

открытую добычу углей при весьма низких коэффициентах вскрыши — от 0,6 до 2,0, благодаря чему стоимость добычи канско-ачинских углей в течение ближайшего периода будет оставаться самой низкой в стране. По данным Центрогипрошахта [4], при разработке только первоочередных участков, обладающих наилучшими показателями, можно довести ежегодную добычу угля в бассейне до 110—120 млн. т условного топлива (табл. 1).

Таблица 1
Основные технико-экономические показатели карьеров Канско-Ачинского и Кузнецкого бассейнов

Месторождения и карьеры	Годовая производительность по углю, млн. т у. т.	Себестоимость угля, руб/т у. т.	Капитальные затраты на добычу 1 т у. т. в год, руб/т у. т.	Расчетная стоимость топлива, руб/т у. т.	Возможная мощность КЭС, млн. квт.
Месторождения Канско-Ачинского бассейна:					
Назаровское, карьеры № 1—2	9,7	17	65	25	4,0
Итатское, карьеры № 1—6	11,5	13	80	23	4,8
№ 8—16	27,5	~11	~55	~18	11,5
Боготольское, карьер № 1	7,8	18	70	27	3,2
» № 2—8	13—17	~10	~53	~17	5,5—7,0
Ирша-Бородинское, карьеры № 1—2	12,5	11	56	18	5,2
» карьер № 3	11—14	~7	~42	~12	4,6—5,8
Балайское, карьер № 1	5,5	12	50	18	2,3
» карьер № 2	5,5	~8	~30	~12	2,3
Абанское, карьеры № 1—2	11	14	55	21	4,6
Кузнецкий бассейн	—	30	130—160	46—50	—

Как видно из табл. 1, вблизи каждого из указанных месторождений можно построить одну или несколько конденсационных электростанций мощностью по 2,5—4 млн. квт. Низкая теплотворная способность канско-ачинских углей и, как следствие этого, их низкая транспортабельность приводят к необходимости размещения КЭС возможно ближе к угольным разрезам.

В районе Кузнецкого бассейна в этом семилетии будут построены Томь-Усинская и Беловская КЭС. После 1965 г. ввод новых конденсационных мощностей в Кузбассе представляется нецелесообразным, так как покрытие нагрузки Кузбасса более выгодно осуществлять по линиям электропередач от электростанций, сооружаемых на базе более дешевых канско-ачинских углей.

В связи с созданием сверхмощных КЭС и желанием приблизить площадку станции к месту добычи топлива остро ставится вопрос о возможности обеспечения подобных КЭС охлаждающей водой. Действительно, при оптимальных для условий Сибири кратностях охлаждения конденсатора количество охлаждающей воды составляет: для КЭС мощностью 2400 Мвт— $70 \div 75 \text{ м}^3/\text{сек}$, а для КЭС мощностью 3500—4000 Мвт— $85 \div 120 \text{ м}^3/\text{сек}$. При этом необходимо учитывать стремление максимально приближать главный корпус КЭС к источнику водоснабжения, что позволяет использовать при строительстве КЭС прогрессивные методы проектирования.

Рассмотрение возможных источников водоснабжения крупных КЭС в районах наиболее перспективных месторождений угля Канско-Ачинского бассейна позволило установить следующее:

1. Наиболее вероятным источником водоснабжения КЭС на углях Назаровского, Итатского и Боготольского месторождений является р. Чулым, протекающая на расстоянии 5—10 км от границ первоочередных карьеров. Как видно из графиков (рис. 1), р. Чулым обеспечивает прямоточное водоснабжение в течение 7—8 месяцев для КЭС мощностью 1200 Мвт и в течение 5 месяцев для КЭС мощностью 2400 Мвт. В зимнее время воды в реке для создания прямого тока недостаточно и станции будут вынуждены работать на смеси отработавшей и речной воды.

2. В районе Ирша-Бородинского и Балайского месторождений можно использовать р. Рыбную для создания прудов-охладителей. Безвозвратное потребление воды и потери воды на КЭС и в прудах-охладителях могут покрываться путем подкачки воды из р. Кан или путем создания запаса воды в водохранилище.

3. В районе Абанского месторождения возможно либо сооружение КЭС около р. Кан с подачей угля на КЭС на расстояние 25—30 км, либо сооружение пруда-охладителя на одной из малых рек в районе месторождения с подкачкой воды из р. Кан.

Таким образом, источники водоснабжения в районах Канско-Ачинского бассейна являются вполне удовлетворительными для сооружения электростанций мощностью 2500—4000 Мвт.

Среднегодовая температура охлаждающей воды в рассматриваемых районах изменяется от 7—9°С при смешанной системе водоснабжения, до 13—15°С при использовании пруда-охладителя.

Отличительной особенностью развития энергетики Центральной Сибири на ближайшее будущее является значительный удельный вес ввода новых мощностей на гидроэлектростанциях. Это определяет своеобразный режим работы ГЭС и КЭС. ГЭС покрывают не только всю пиковую нагрузку ЕЭС Сибири, но и часть ее круглогодичной нагрузки. В результате крупные КЭС, работающие в базовой части графика нагрузки, будут в течение года иметь ровную постоянную нагрузку и высокое число часов использования, установленной мощности. Подобный режим работы ГЭС и КЭС в условиях Сибири должен определенным образом учитываться при определении оптимальных конечных параметров турбоустановок. Дело в том, что прирост мощности в турбоустановке с более развитым сечением выхлопа турбины значительно изменяется в течение года в зависимости от температуры охлаждающей воды. Максимум прироста мощности достигается в осенне-зимнее время при низкой температуре охлаждающей воды. В летнее время прирост мощности резко

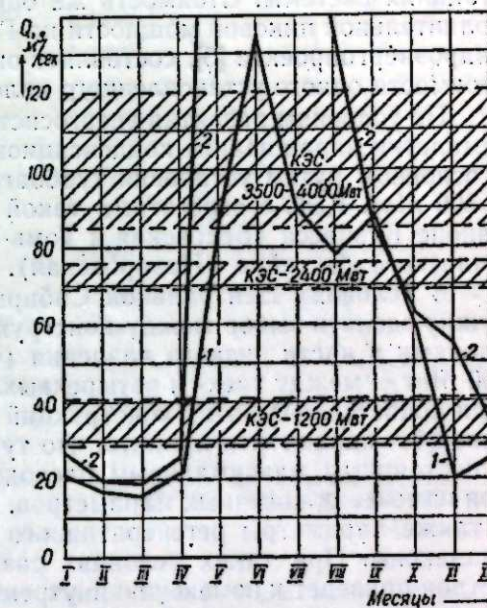


Рис. 1. Графики расхода воды рек Чулым и Кан (по минимальным суточным расходам) и уровни водопотребления КЭС разной мощности.

1 — р. Кан (у с. Ирбейского), 2 — р. Чулым (у пос. Алтатка).

уменьшается (см. рис. 4), а в ряде случаев (при высокой температуре охлаждающей воды) сходит на нуль. В соответствии с этим можно считать, что круглогодичная часть прироста мощности турбоустановки позволит отказаться от сооружения такой же мощности на тепловых электростанциях системы, а осенне-зимняя (пиковая) часть прироста мощности — от установки дополнительной пиковой мощности на гидроэлектростанциях системы. Стоимость же одного установленного киловатта дополнительной пиковой мощности на ГЭС для условий Сибири, по данным Гидроэнергопроекта [5], составляет около 400 руб., т. е. значительно ниже стоимости одного установленного киловатта мощности на КЭС.

По условиям развития энергосистем Центральной Сибири в текущем семилетии наращивание конденсационных мощностей будет происходить в основном путем установки турбоагрегатов единичной мощностью 200 и 300 Мвт. КЭС с агрегатами такой мощности будут сооружены как в районе Кузбасса (Беловская и Томь-Усинская), так и в районе Канско-Ачинского бассейна (Назаровская).

В условиях Центральной Сибири для блоков мощностью 200 Мвт нужно сделать выбор между конструкциями турбин с двумя и тремя выхлопами в части низкого давления (ч. н. д.), а для блоков мощностью 300 Мвт — между трех- и четырехвыхлопными конструкциями агрегатов. При сопоставлении этих конструкций с целью определения оптимальных конечных параметров принято, что турбины спроектированы для работы с постоянным максимальным расходом пара и переменной мощностью при изменении конечных параметров. Расход и параметры свежего пара, а также параметры регенеративного цикла в сравниваемых вариантах одинаковы. При таких условиях разница в значениях конечных параметров приведет к изменению внутренней мощности, развиваемой частью низкого давления турбины, а следовательно, и к изменению электрической мощности турбогенератора. В зависимости от условий водоснабжения переход к трехвыхлопной конструкции турбины номинальной мощностью 200 Мвт дает повышение мощности турбины на 1,5—1,85% в осенне-зимний период и увеличение выработки электроэнергии на 0,73—1,45% в год. Увеличение числа выхлопов турбины естественно связано с ее усложнением и удорожанием, а также с удорожанием генератора и строительной части машинного зала. Сопоставление указанного энергетического эффекта при переходе к трехвыхлопной конструкции турбины мощностью 200 Мвт и удорожания турбоустановки показывают, что турбина с тремя выхлопами экономически оправдывается при расчетной стоимости топлива выше 7 руб/т у. т. при температуре охлаждающей воды $t_w = 9^\circ\text{C}$ и выше 18 ÷ 27 руб/т у. т. при $t_w = 13—15^\circ\text{C}$. Из этого следует, что в районах Кузбасса целесообразна установка турбин мощностью 200 Мвт с тремя выхлопами в ч. н. д. во всех случаях, а в районах Канско-Ачинского бассейна — только при низкой температуре охлаждающей воды (примерно до $t_w = 10—12^\circ\text{C}$). При более высокой температуре охлаждающей воды явное преимущество имеют турбины мощностью 200 Мвт с двумя выхлопами в ч. н. д. Аналогичное сопоставление, проведенное для турбины мощностью 300 Мвт, показывает, что для КЭС в районах Канско-Ачинского бассейна оптимальной является установка турбин мощностью 300 Мвт с тремя выхлопами в ч. н. д., а для районов Кузбасса с более дорогим топливом окупается установка турбин мощностью 300 Мвт с четырьмя выхлопами в ч. н. д.

С 1965 г. после объединения отдельных энергосистем в Единую Энергетическую Систему Центральной Сибири создадутся условия для установки турбоагрегатов единичной мощностью 500—800 Мвт. В связи с этим возникает вопрос о выборе единичной мощности, наиболее целесо-

образной для одновалвных и двухвалвных турбин в условиях Центральной Сибири. Максимальная мощность, на которую может быть построена одновалвная конденсационная турбина при заданных начальных параметрах пара, заданных предельных конструктивных размерах последней ступени и заданном предельном числе выхлопов, определяется допустимой величиной потери с выходной скоростью и значением конечного

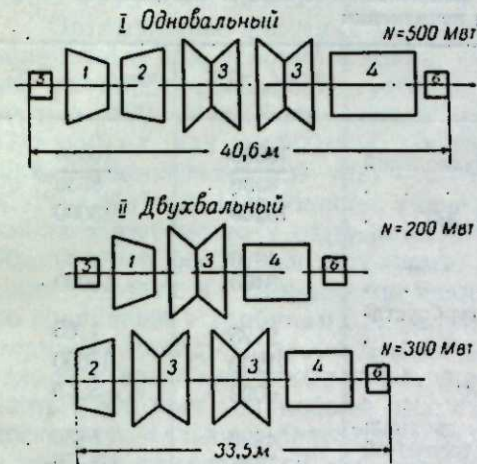


Рис. 2. Возможные варианты турбины мощностью 500 Мвт.

1 — цилиндр высокого давления, 2 — цилиндр среднего давления, 3 — цилиндр низкого давления, 4 — генератор, 5 — возбудитель, 6 — корпус переднего подшипника.

давления. Величина максимальной мощности одновалвной турбины может быть увеличена за счет снижения вакуума в конденсаторе и увеличения потери с выходной скоростью, т. е. за счет некоторого понижения экономичности турбоустановки.

Сопоставление одновалвного варианта турбины мощностью 500 Мвт с более экономичным вариантом в двухвалвном исполнении (рис. 2) приведено в табл. 2. Переход к двухвалвной конструкции турбины с шестью выхлопами в ч. н. д. увеличивает мощность турбины на 13200 кВт (рис. 3 и 4) в холодное время года и повышает экономичность установки на 1,66—2,25% в зависимости от температуры охлаждающей воды. Как видно из рис. 4, при всех возможных температурах охлаждающей воды максимальный прирост

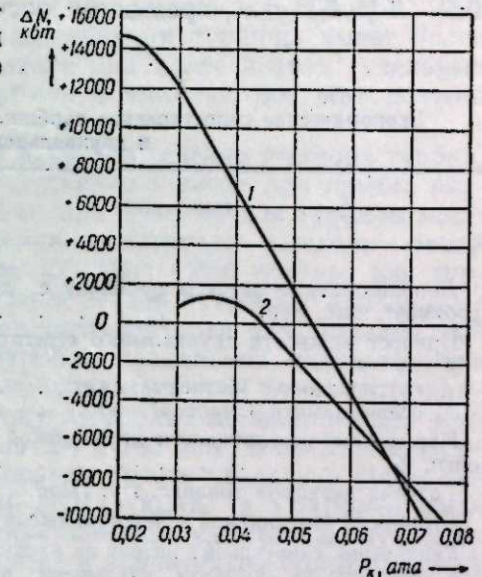


Рис. 3. Кривые зависимости мощности турбины от давления в конденсаторе:

1 — двухвалвная турбина мощностью 500 Мвт с 6 выхлопами в ч. н. д.; 2 — одновалвная турбина мощностью 500 Мвт с 4 выхлопами в ч. н. д.

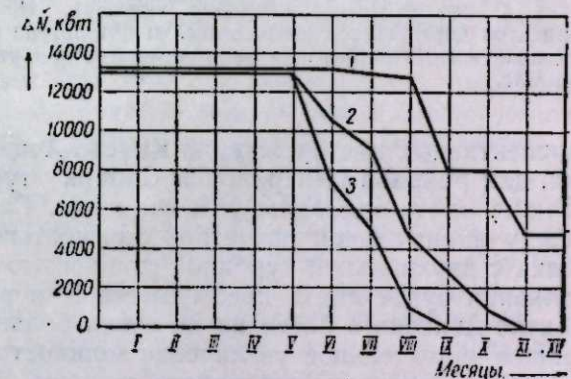


Рис. 4. Графики изменения приращения мощности двухвалвной турбины мощностью 500 Мвт по сравнению с одновалвной турбиной.

1 — при $t_w = 7^\circ\text{C}$; 2 — при $t_w = 13,5^\circ\text{C}$; 3 — при $t_w = 15,5^\circ\text{C}$.

мощности двухвальной турбины совпадает по времени с прохождением осенне-зимнего максимума нагрузки системы. Сопоставление показывает, что минимальная расчетная стоимость топлива, при которой экономически оправдывается переход к установке двухвальной турбины мощностью 500 Мвт, составляющая в лучшем случае 19,5—37 руб/т у. т., превышает расчетную стоимость топлива наиболее

Таблица 2

Экономическое сопоставление турбины мощностью 500 Мвт в одновальном и двухвальном исполнении

Наименование	при $t_n = 7^\circ\text{C}$	при $t_n = 13,5^\circ\text{C}$
Дополнительные затраты по блоку с двухвальной турбиной*, тыс. руб.	10680	10680
Приrost мощности двухвального агрегата, кВт	8530	8530
в том числе:	13200	13000
круглогодовой (базисный), кВт	4800	—
осенне-зимней (пиковой), кВт	8400	13000
Повышение экономичности двухвальной турбоустановки, %	2,25	1,66
Годовая экономия топлива, т у. т./год	21200	15650
Стоимость вытесняемой мощности, тыс. руб.	6000	5200
Увеличение капитальных затрат по блоку с двухвальным агрегатом за вычетом стоимости вытесняемой мощности, тыс. руб.	4680	5480
Минимальная расчетная стоимость топлива, при которой оправдан переход к двухвальной турбине, руб/т у. т.	2530	3330
	38,5	62
	19,5	37

* Расчет выполнен для двух крайних вариантов: в числителе — наибольшие значения, в знаменателе — наименьшие значения. Необходимость расчета двух крайних вариантов определяется имеющимися в литературе расхождениями по оценке изменений капитальных затрат для ряда элементов при увеличении мощности агрегата до 500 Мвт.

перспективных месторождений Канско-Ачинского бассейна. Таким образом, для районов Центральной Сибири турбина мощностью 500 Мвт должна иметь одновальное исполнение. Следует отметить, что разница между минимальной расчетной стоимостью топлива, при которой установка с двухвальной турбиной мощностью 500 Мвт в двухвальном исполнении будет иметь преимущество, и расчетной стоимостью углей Канско-Ачинского бассейна не очень большая. Это означает, что дальнейшее значительное увеличение мощности одновальной турбины при принятых размерах выхлопного сечения (длина последней лопатки 940 мм) не будет рациональным.

На более далекую перспективу при условии создания последних лопаток из титана длиной свыше 940 мм граница применения одновальных и двухвальных турбин сдвинется в сторону больших мощностей.

Возможность создания турбины мощностью 500 Мвт в одновальном исполнении делает нецелесообразным применение на КЭС Центральной Сибири блоков мощностью 600 Мвт с двухвальными турбоагрегатами, производство которых намечается отечественными турбостроительными заводами. В качестве следующей ступени мощностей блоков для КЭС Центральной Сибири следует принять блок мощностью 800 Мвт с двух-

вальной турбиной, созданной при широком использовании элементов одновальных турбоагрегатов мощностью 300 и 500 Мвт. Применение блоков мощностью 500 Мвт с одновальными турбинами и мощностью 800 Мвт с двухвальными турбинами на КЭС мощностью 3—4 млн. кВт позволит снизить капиталовложения примерно на 7% по сравнению со станциями, имеющими двухвальные турбины мощностью 600 Мвт. Расчеты показывают, что двухвальная конструкция турбины имеет более благоприятные экономические показатели при более низких удельных нагрузках сечения выхлопа. Так, турбина мощностью 800 Мвт должна иметь не менее 8 выхлопов в ч. н. д.

Оптимальные значения удельной нагрузки сечения выхлопа турбин, полученные для условий Сибири, существенно зависят при прочих равных условиях от мощности турбины. Так, при $t_n = 7^\circ\text{C}$ для турбины мощностью 200 Мвт оптимальная удельная нагрузка выхлопа равна 17,5 т/м²час, для турбины мощностью 300 Мвт — 26,5 т/м²час, для турбины мощностью 500 Мвт — 33 т/м²час и для турбины 800 Мвт — < 26,5 т/м²час. Наибольшее значение удельной нагрузки сечения выхлопа имеет место у одновальной турбины предельной мощности, что объясняется большими затратами, необходимыми для увеличения площади выхлопа на одинаковую величину в турбине мощностью 500 Мвт по сравнению с турбинами мощностью 200 и 300 Мвт. В последних суммарную площадь выхлопа можно довольно просто увеличить путем перехода к трех- или четырехвыхлопной конструкции, а в турбине мощностью 500 Мвт дальнейшее увеличение площади выхлопа может быть достигнуто только в результате перехода к значительно более сложной и дорогой двухвальной конструкции турбины. В двухвальной турбине мощностью 800 Мвт число выхлопов в ч. н. д. до восьми может быть увеличено без особых затруднений, поэтому в этой турбине предусмотрено некоторое снижение удельной нагрузки выхлопа.

Большое практическое значение имеет правильный выбор размеров конденсационной установки и производительности системы водоснабжения КЭС. Экономически обоснованный выбор этих величин требует учета многих факторов, в том числе местных особенностей площадки КЭС и характеристики ч. н. д. турбины. Для турбин с повышенными нагрузками сечения выхлопа (мощностью 200 Мвт с 2 выхлопами и мощностью 300 Мвт с 3 выхлопами в ч. н. д.) рационально снижение кратности охлаждения до $m = 45—60$ кг/кг и повышение нагрузки конденсатора до $d_k = 45$ кг/м²час. А для турбины мощностью 500 Мвт в одновальном исполнении с четырьмя выхлопами в ч. н. д. оправдывается еще большее уменьшение кратности охлаждения до $m = 35—40$ кг/кг и увеличение нагрузки конденсатора до $d_k = 45—48$ кг/м²час. Турбины с более развитым сечением выхлопа (мощностью 200 Мвт с 3 выхлопами и мощностью 300 Мвт с 4 выхлопами в ч. н. д.) необходимо ориентировать на работу при несколько более глубоком вакууме, для чего кратность охлаждения принимать равной 60—65 кг/кг и удельную нагрузку конденсатора равной 30—38 кг/м²час.

Выпуск дополнительного типа энергетического оборудования для КЭС Центральной Сибири, позволяющего лучше учесть местные особенности, даст возможность значительно сократить затраты на изготовление оборудования и сооружение электростанций.

Транспортно-энергетический институт
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
6/VI 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Стырикович, Г. А. Матвеев, Л. С. Попырин, Выбор конечного давления для ГРЭС большой мощности. Теплоэнергетика, № 11, 1958.
2. М. А. Стырикович, Г. А. Матвеев, Л. С. Попырин, Выбор конечного давления и проходных сечений последних ступеней конденсационных паровых турбин большой мощности. Электрические станции, № 3, 1959.
3. М. А. Стырикович, Г. А. Матвеев, Л. С. Попырин, Выбор оптимальных единичных мощностей одновальных и двухвальных турбин. Теплоэнергетика, № 4, 1959.
4. Перспективы открытой добычи угля в СССР, под ред. Н. В. Мельникова. Углетехиздат, 1958.
5. Гидроэнергопроект. Схема создания объединения энергетических систем Сибири и Европейской части СССР. М., 1959.

А. А. ИЛЬИН

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ
ГОРНЫХ РАБОТ

Общие сведения

Современная шахта является крупным промышленным предприятием, оснащенным различными механизмами и машинами. Многие из них расположены на значительных расстояниях друг от друга. В связи с этим большое значение в деле автоматизации горных работ приобретают телемеханизация и диспетчерское управление. Применение устройств телеуправления (ТУ), телесигнализации (ТС) и телеизмерений (ТИ) является одним из основных путей повышения производительности труда.

Уже разработан и внедрен ряд телемеханических систем в энергосистемах, на железнодорожном транспорте, на оросительных системах и каналах, в коммунальном хозяйстве и других отраслях промышленности. Ведутся исследования и по разработке шахтных телемеханических систем. В качестве примера может быть рассмотрена система ТУ-ТС Харьковского горного института (ХГИ). Шахтная телемеханическая система ХГИ предназначена для работы по свободным парам телефонного кабеля. Отдельные операции, например, контроль за работой нестационарных объектов, рассчитаны для передачи сигналов токами высокой частоты по силовым кабелям. Передача осуществляется одной из фиксированных частей, расположенных в диапазоне $5 \div 30$ кгц. В данном случае на передающем конце устанавливаются датчики высокочастотных сигналов, а на приемном конце — полосовые фильтры. ТУ-ТС некоторых сосредоточенных объектов осуществлена при помощи кодового качества селекции. В системе ХГИ скомпонован диспетчерский пульт управления, в который включена высокочастотная связь «Сибирь-УЭЧМ» и установки промышленного телевидения.

Система ТУ-ТС ИГД АН СССР разработана в 2 вариантах.

1. Так называемая система ТМК-4, имеющая временное разделение каналов и распределительный метод избирания. В качестве источников импульсов использованы пиктрансформаторы. Аппаратура ТМК-4 позволяет вести контроль 12 объектов или контроль и управление 6 объектов по занятой паре в телефонном кабеле. Эта аппаратура малоемкостная и, как показали опытные испытания, может быть использована только для поверхностного комплекса шахты.

2. Частотная система на базе аппаратуры ДТС-1 предназначена для работы по занятым силовым кабелям в диапазоне $5 \div 15$ кгц и по свободным парам телефонного кабеля. В ней принят комбинационный принцип деления каналов как по частоте, так и по времени. Приемопередающая аппаратура выполнена на полупроводниковых элементах с применением частотной модуляции. Для повышения емкости использован распределитель на феррито-диодных элементах ИАТ АН СССР.

Как и предыдущие, данная система малоемкостная. Большим ее недостатком является также и то, что в основу построения принципиаль-

ной схемы связи исполнительных объектов с ДП положена очень неустойчивая система ДТС-1, зависящая от входного сопротивления кабельной сети, величина которого определяется подключением или отключением элементов линии.

Ни одна из рассмотренных и многих других систем ТУ-ТС не может быть принята за основу при разработке комплексной шахтной телемеханической системы.

Специфика горных работ, структура и емкость системы ТУ-ТС

Специфика горных работ и структура горных предприятий, их техническое оснащение предъявляют определенные требования к разработке шахтной телемеханической системы. Современная шахта насыщена различными по своему назначению и расположенными на большой территории исполнительными объектами (ИО).

Рассматривая ИО по территориальному признаку, их можно разделить на две группы: 1) рассредоточенные объекты — подземный железнодорожный и конвейерный транспорт, забойные и вентиляционные механизмы, датчики контроля метана и т. п.; 2) сосредоточенные объекты — тяговые, поверхностные, участковые и центральные подземные подстанции, подъемные устройства и поверхностный комплекс.

По назначению ИО можно разделить на три группы: 1) транспорт (железнодорожный и конвейерный); 2) вентиляцию; 3) участковые механизмы (комбайны, экскаваторы и пр.).

В свою очередь, в каждой группе можно выделить ряд подгрупп. Например, железнодорожная транспортная система ТУ-ТС обслуживает группы стрелок, сигналов и вентиляционных дверей.

Как видно из структурной схемы ТУ-ТС (рис. 1) и таблицы емкости, система должна быть многоемкостной и универсальной. Она должна соответствовать малым и большим угольным и рудным шахтам.

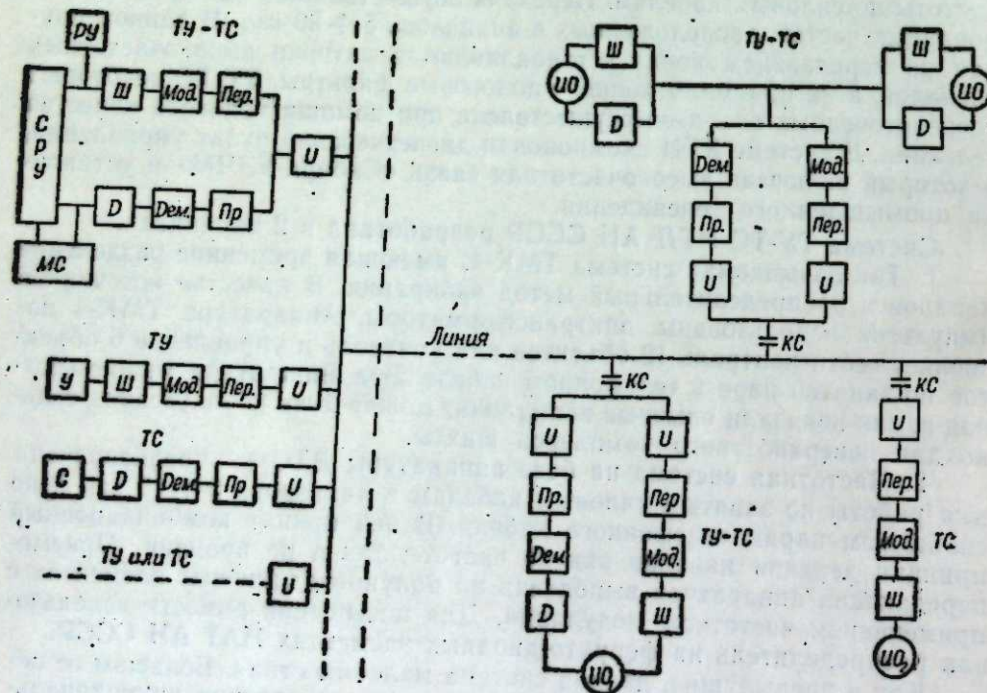


Рис. 1. Структурная схема ТУ-ТС

Таблица емкости системы ТУ-ТС

Наименование технических комплексов	Наименование операций	Количество приказов или сигналов			Тип линии
		ТУ	ТС	ТИ	
Подземный ж.-д. транспорт	СЦБ и счет вагонеток	400	400		Силовые кабели, питающие стрелки и сигнал
Подземный конвейерный транспорт	Контроль и управление конвейерами	440	440		Силовые кабели и провод. фидеров
Забойные механизмы — комбайны	Контроль за работой комбайнов	—	100		.
Контроль метана	Контроль загазованности при помощи метанреле	—	400		.
Вентиляторы частичного проветривания	Контроль и управление электродвигателями вентиляторов	120	80		.
ЦПП	Контроль за фидерами и отдельными агрегатами	30	40	10	Силовые кабели
Участковые подстанции	Та же	20	20		.
Подъем скиповой и клетевой	Контроль за работой подъема, счет выделенных скипов		12		Сигнальные или силовые кабели
Насосы	Контроль работы насосов и аварийная сигнализация	10	10		.
Тяговые подстанции	Контроль включения и выключен. фидеров	14	14		.
Поверхностная подстанция	Та же				.
Компрессорная		10	10		.
Вентиляторы главного проветривания	Контроль вентиляторов	60	40		Радиоканалы
Погрузка ж. д.	Ж.-д. транспорт поверхностный	60	74		Сигнальные кабели
Комбинат		10	10		.
Высокочастотная связь	Связь с машинистами электровозов	20			Контактная сеть
Промышленное телевидение	Видеоконтроль на объектах				Коаксиальные кабели
Итого		1194	1650	10	

Одним из наиболее важных моментов в разработке шахтной системы ТУ-ТС является вопрос выбора каналов связи. Как показали исследования, использование радиоканалов в шахте совершенно не приемлемо. Применение сигнальных или связевых кабелей также встречает ряд трудностей, обусловливаемых особенностями горных работ, главными из которых являются: 1) наличие в шахте взрывоопасной, влажной и запыленной среды; 2) множество условий для механических повреждений; 3) наличие непрерывно перемещающихся нестационарных объектов (электропоезда, комбайны, экскаваторы).

Все это требует особо надежной работы шахтных телемеханических каналов.

Каналы связи для телемеханики

Как известно, более 60% повреждений телемеханических устройств в энергосистемах, транспорте и т. п. составляют повреждения линии. В шахте их количество, очевидно, еще более увеличится.

Из-за специфических условий горных работ для всех существующих шахтных устройств предусматривается повышенная механическая прочность, герметичность и транспортабельность. Вследствие этого, в шахте в качестве каналов связи наиболее целесообразно использовать существующие силовые кабели (бронированные и гибкие резиновые).

Электрические параметры бронированных кабелей типа СБ полностью отвечают поставленным требованиям. Километрическое затухание бронированных кабелей в диапазоне $10 \div 100$ кГц составляет величину:

$$\beta_6 = 0,05 \div 0,2 \text{ nep/км.}$$

Результаты измерений гибких кабелей типа ГРШС различных сечений показали, что их километрическое затухание значительно выше:

$$\beta_7 = 0,5 + 2,0 \text{ nep/км.}$$

Учитывая то, что на главных выработках, имеющих наибольшую протяженность, как правило, прокладываются бронированные кабели, использование силовой кабельной сети для целей ТУ-ТС принципиально возможно. В результате соответствующих исследований в шахте было также установлено, что проведение сплошной высокочастотной обработки кабельной сети не требуется, т. к. большинство силовых нагрузок цепи имеют высокоомный вход.

Основные требования к комплексной системе ТУ-ТС

В результате проведенного в лаборатории автоматики ИГД СО АН СССР анализа особенностей горного производства, структурной схемы емкости шахтной ТУ-ТС и возможностей организации каналов связи по силовым кабелям выявляются следующие основные требования к разработке шахтной телемеханической системы (рис. 2).

1. Применение частотного признака кодирования. Это требование определяется условиями надежности и простоты телемеханических устройств. Частотный метод избирания обеспечивает большую помехоустойчивость и однотипность аппаратуры. В нашем случае используется весь тональный диапазон частот (от 200 до 3000 гц), в котором располагается 15-17 резонансных частот. Для увеличения емкости системы необходимо комбинирование из двух или трех частот.

2. Использование в качестве линии связи существующих силовых бронированных кабелей и специально разработанных гибких силовых кабелей.

3. Установление рабочего диапазона частот в пределах $10 \div 100$ кГц, что обеспечит необходимый радиус действия каналов по силовым кабелям без применения их массовой высокочастотной обработки. Более низкие частоты не могут быть использованы вследствие влияния гармоник 50 гц. Верхний предел рабочего спектра ограничивается величиной рабочего затухания канала связи.

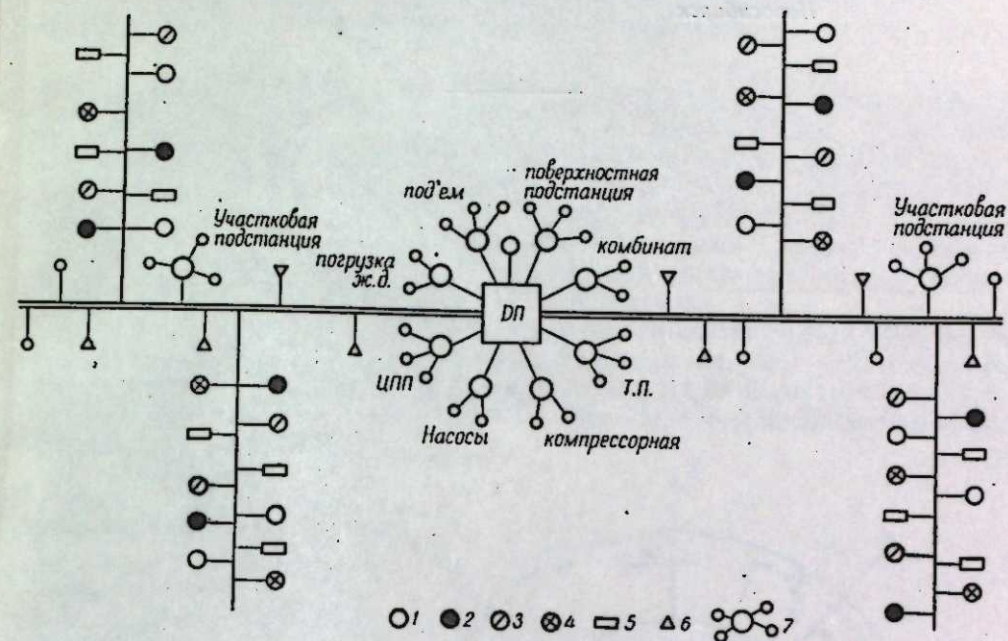


Рис. 2. Шахтная телемеханическая схема.

1 — вентиляторы главного проветривания; 2 — вентиляторы частичного проветривания; 3 — контроль метана; 4 — комбайны; 5 — конвейерный транспорт; 6 — ж.д. транспорт; 7 — подстанции.

4. Обеспечение возможности сочетания малопроводной системы с многопроводной. В данном случае передача информации от сосредоточенной группы объектов (расположенной на удаленном расстоянии) до какого-то узлового центрального объекта этой же группы осуществляется токами звуковых частот по специально проложенным проводам и далее до диспетчерского пункта промодулированными этими частотами токами высокой частоты по силовым кабелям. При таком допущении значительно упрощается аппаратура на сосредоточенных объектах ТУ-ТС. Прокладка проводов считается целесообразной при расстояниях до 30 м.

5. Блочное построение системы должно обеспечить ее универсальность, т. е. возможность использования для малых и больших рудных и угольных шахт.

6. Наиболее емкостные и однотипные объекты (транспорт, вентиляция и т. п.) целесообразно выделять в самостоятельные группы.

7. Обеспечение надежности устройств ТУ-ТС путем использования в качестве каналов связи механически прочных силовых кабелей, а также максимальным применением в аппаратуре полупроводниковых и бесконтактных элементов.

8. Обеспечение взрыво- и искробезопасности. Аппаратура должна быть рассчитана на влагостойкость до 98%, запыленность воздуха до 300 мг/м^3 и колебания температуры от -40° до $+50^\circ \text{C}$.

9. Переработка информации, поступающих от исполнительных объектов на диспетчерском пульте крупных шахт должна осуществляться автоматически при помощи соответствующих счетно-решающих устройств.

Институт горного дела
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
1/VIII 1960

В. М. ВЛАДИМИРОВ

К ТЕОРИИ ЭКСКАВАЦИОННЫХ КОЛЕС РОТОРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

В последнее время роторные экскаваторы получают все большее распространение. Анализ современных конструкций этих машин, пути повышения их производительности и выбор оптимальных размеров забота освещены в работах [1, 2]. В настоящей статье рассматривается вопрос, связанный с теорией опорожнения роторного колеса. Получены условия, которым должны удовлетворять основные конструктивно-кинематические параметры ротора с внутренней разгрузкой, и разработана принципиальная схема методики их определения.

1. Постановка задачи. На процесс опорожнения ковшей значительно влияют угловая скорость вращения ротора, угол установки разгрузочной точки, полный угол разгрузки, наружный и внутренний радиусы ротора, а также характеристики материала, в том числе коэффициент трения. При рассмотрении настоящей задачи в первом приближении в качестве расчетной схемы принято движение материальной точки S с массой m по шероховатой поверхности с коэффициентом трения μ , вращающейся вокруг неподвижной оси с постоянной угловой скоростью ω .

В системе координат x, y , вращающейся вместе с ротором, на частицу действует сила веса $Q = mg$, центробежная сила инерции $P = m\omega^2 x$, кориолисова сила $K = 2m\omega \dot{x}$, нормальная реакция N и сила трения $F = \mu N$ (рис. 1).

В общем случае движение частицы распадается на два этапа. На первом этапе $\tau_0 \leq \tau \leq \tau_1$ радиальная составляющая веса частицы превосходит суммарное значение центробежной силы и силы трения. Это вызывает движение частицы по лопасти от первоначального положения $x(\tau_0) = R$ к центру ротора. Начальное τ_0 и конечное τ_1 значения угла поворота лопасти определяются из условия равновесия соответственно радиальных и нормальных составляющих сил, действующих на частицу.

При малых угловых скоростях вращения ротора частица успевает достичь точки уже на первом этапе движения при некоторой угловой

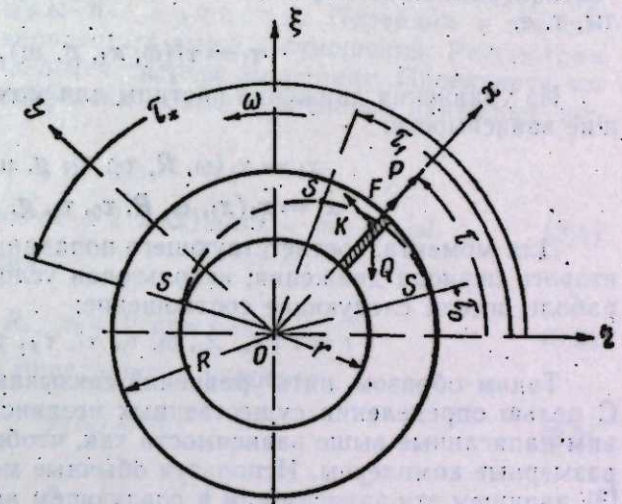


Рис. 1. Расчетная схема.

координате $\tau = \tau_* \leq \tau_1$. При больших угловых скоростях частица достигает точки только на втором этапе. Вначале она скользит по лопасти до момента поворота последней на угол $\tau = \tau_1$, затем наступает второй этап — частица отрывается от лопасти и летит далее по параболе. Параметры, определяющие параболу в неподвижной системе координат ξ, η , задаются величиной ω и значениями x, x при $\tau = \tau_1$.

Второй этап движения заканчивается, когда радиальная координата частицы также становится равной внутреннему радиусу лопасти ротора. Однако этому моменту будет соответствовать теперь угловая координата $\tau = \tau_* > \tau_1$ (рис. 1).

2. Анализ размерностей. Прежде, чем приступить к определению количественных соотношений, целесообразно, пользуясь методом теории размерностей, выявить существенные безразмерные комплексы, через которые в конечном счете могут быть выражены конструктивно-кинематические параметры ротора. Для этой цели установим функциональные зависимости, связывающие основные параметры ротора для характерных моментов движения.

Рассмотрим более сложный случай, когда частица достигает разгрузочной точки на втором этапе движения. Угловая координата, характеризующая положение частицы в начале ее движения к центру ротора, может быть определена из условий равновесия центробежной силы, радиальной составляющей веса частицы и силы трения и записана в виде

$$\tau_0 = \tau_0(\omega, R, g, \mu, m). \quad (2.1)$$

Положение частицы в момент ее отрыва от лопасти находится из условия равенства нормальной составляющей веса и кориолисовой силы, т. е.

$$\tau_1 = \tau_1(\omega, x_1, g, m). \quad (2.2)$$

Из уравнения движения частицы для момента $\tau = \tau_1$ имеем следующие зависимости:

$$x_1 = x_1(\omega, R, \tau_0, \tau_1, g, \mu, m), \quad (2.3)$$

$$x_1 = x_1(x_1, \omega, R, \tau_0, \tau_1, g, \mu, m). \quad (2.4)$$

Для момента, соответствующего попаданию частицы в точку в конце второго периода движения, используя условие полета частицы по параболе, имеем следующее соотношение:

$$l = l(x_1, x_1, \omega, \tau_0, \tau_1, \tau_*, g, m). \quad (2.5)$$

Таким образом, пять уравнений связывают 11 переменных величин. С целью определения существенных независимых параметров представим написанные выше зависимости так, чтобы в них входили лишь безразмерные комплексы. Используя обычные методы теории размерностей [3], запишем эти зависимости в следующем виде:

$$\begin{aligned} f_1(\tau_0, \Omega, \mu) &= 0, \\ f_2(\tau_1, \gamma) &= 0, \\ f_3(\Omega, \tau_0, \tau_1, \mu, \beta) &= 0, \\ f_4(\tau_0, \tau_1, \mu, \gamma, \beta) &= 0, \\ f_5(\tau_1, \tau_*, \alpha, \gamma, \beta) &= 0. \end{aligned} \quad (2.6)$$

Здесь

$$\Omega = \frac{\omega^2 R}{g}, \quad \alpha = \frac{r}{R}, \quad \beta = \frac{R}{x_1}, \quad \gamma = \frac{g}{\omega x_1} \quad (2.7)$$

— безразмерные комплексы.

Очевидно, что из восьми безразмерных величин, связанных пятью уравнениями (2.6), любые три могут быть взяты за независимые переменные параметры. В качестве последних целесообразно принять τ_0, τ_*, μ . Решая совместно уравнения (2.6) относительно Ω и α , получим

$$\Omega = \Omega(\tau_0, \mu), \quad (2.8)$$

$$\alpha = \alpha(\tau_0, \tau_*, \mu). \quad (2.9)$$

Для определения начальных условий свободного полета частицы из этих же уравнений (2.6) можно получить зависимость τ_1 от параметров, которая запишется таким образом:

$$\tau_1 = \tau_1(\tau_0, \mu). \quad (2.10)$$

Нетрудно показать, что для случая разгрузки в процессе первого этапа движения при $\tau_* \leq \tau_1$ могут быть установлены две функциональные зависимости, характеризующие момент начала и конца движения частицы по лопасти. Эти зависимости также могут быть представлены в виде (2.8) и (2.9).

Следовательно, анализ размерностей с учетом (2.7) и (2.8) позволяет установить, что угловая скорость

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R} \Omega} \quad (2.11)$$

зависит лишь от двух существенных независимых параметров τ_0 и μ , а безразмерный комплекс α , характеризующий соотношение радиусов, помимо этого, зависит и от величины разгрузочного угла точки ротора τ_* .

3. Движение частицы по лопасти. Перейдем к количественному определению установленных выше соотношений. Рассмотрим движение частицы во вращающейся системе координат. Проектируя все силы на ось x , получаем дифференциальное уравнение движения частицы для

$$t_0 \leq t \leq t_1, \quad (3.1)$$

$$m\ddot{x} = m\omega^2 x - \mu(mg \cos \omega t + 2m\omega x) \operatorname{sgn} x - mg \sin \omega t.$$

Начальные условия имеют вид:

$$x_0 = R, \quad \dot{x}_0 = 0 \text{ при } t = t_0. \quad (3.2)$$

При этом момент времени t_0 определяется условием:

$$x(t_0) = 0. \quad (3.3)$$

Полагая

$$x = \frac{g}{\omega^2} y, \quad t = \frac{1}{\omega} \tau \quad (3.4)$$

и учитывая, что применительно к нашей задаче всегда $x \leq 0$, уравнение (3.1) принимает вид:

$$y - 2\mu y - y = \mu \cos \tau - \sin \tau, \quad \tau_0 \leq \tau \leq \tau_1. \quad (3.5)$$

Здесь точками обозначено дифференцирование по τ . При этом начальные условия переписутся следующим образом:

$$\dot{y}_0 = \frac{\omega^2 R}{g}, \quad y_0 = 0 \text{ при } \tau = \tau_0. \quad (3.6)$$

Учитывая (3.3) и (2.7), из (3.5) находим:

$$y_0 = \Omega = \sin \tau_0 - \mu \cos \tau_0. \quad (3.7)$$

Функция $\Omega(\tau_0, \mu)$ в практически интересной области τ_0 и μ представлена на рис. 2.

Решение уравнения (3.5) имеет вид:

$$y = c_1 e^{\lambda_1 \tau} + c_2 e^{\lambda_2 \tau} - \frac{\mu}{\mu^2 + 1} \cos \tau + \frac{1 - \mu^2}{2(\mu^2 + 1)} \sin \tau, \quad \tau_0 \leq \tau \leq \tau_1. \quad (3.8)$$

Здесь

$$\lambda_1 = \mu - \sqrt{\mu^2 + 1}, \quad \lambda_2 = \mu + \sqrt{\mu^2 + 1}. \quad (3.9)$$

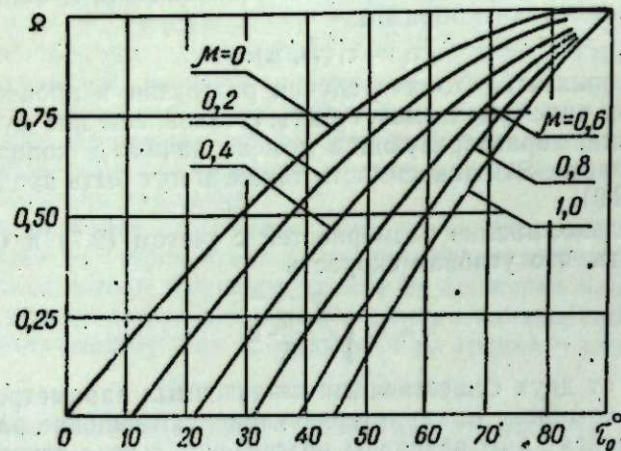


Рис. 2. $\Omega = \Omega(\tau_0, \mu)$.

Используя начальные условия (3.6), находим постоянные c_1 и c_2 .

$$\begin{aligned} c_1 &= e^{-\lambda_1 \tau_0} (k_2 \sin \tau_0 + n_2 \cos \tau_0), \\ c_2 &= e^{-\lambda_2 \tau_0} (k_1 \sin \tau_0 + n_1 \cos \tau_0), \end{aligned} \quad (3.10)$$

где

$$k_i = (-1)^i \frac{\lambda_i (3\mu^2 + 1) + 2\mu}{4(\mu^2 + 1)^2}, \quad n_i = (-1)^i \frac{1 - \mu^2 - 2\mu^3 \lambda_i}{4(\mu^2 + 1)^2}, \quad i = 1, 2.$$

Определим начальное значение угла поворота τ_0 . Принимая во внимание (3.7) и полагая $\mu = \operatorname{tg} \rho$, выражение для τ_0 можем записать в виде:

$$\tau_0 = \arcsin(\Omega \cos \rho) + \rho. \quad (3.11)$$

Момент отрыва частицы от лопасти τ_1 определится из условия равенства нулю нормальной реакции сил, действующих на частицу. Используя (3.1) и принимая во внимание, что $\dot{x} < 0$, запишем:

$$mg \cos \omega t_1 + 2m\omega \dot{x} = 0 \quad (3.12)$$

или, учитывая (3.4),

$$\cos \tau_1 = -2y. \quad (3.13)$$

Очевидно, что $\tau_1 < \frac{\pi}{2}$, так как $y \leq 0$.

Определив y из (3.8), перепишем (3.13) в виде:

$$\lambda_1 c_1 e^{\lambda_1 \tau_1} + \lambda_2 c_2 e^{\lambda_2 \tau_1} + \frac{\mu}{\mu^2 + 1} \sin \tau_1 + \frac{1}{\mu^2 + 1} \cos \tau_1 = 0. \quad (3.14)$$

Решение уравнения (3.14) представлено на рис. 3. Штриховая линия на графике определяет начальный угол движения τ_0 при соответствующем μ .

В том случае, когда полная разгрузка лопасти осуществляется к моменту $\tau_* \leq \tau_1$, параметр α , характеризующий отношение внутреннего радиуса к наружному, может быть записан следующим образом:

$$\alpha = \frac{r}{R} = \frac{y(\tau_*)}{y(\tau_0)} = \alpha(\tau_0, \tau_*, \mu), \quad \tau_* \leq \tau_1. \quad (3.15)$$

Эти зависимости определяются непосредственно из (3.7) и (3.8). Графически для ряда значений τ_0 они представлены на рис. 4 слева от штриховой кривой 1, разграничивающей первый и второй этапы движения.

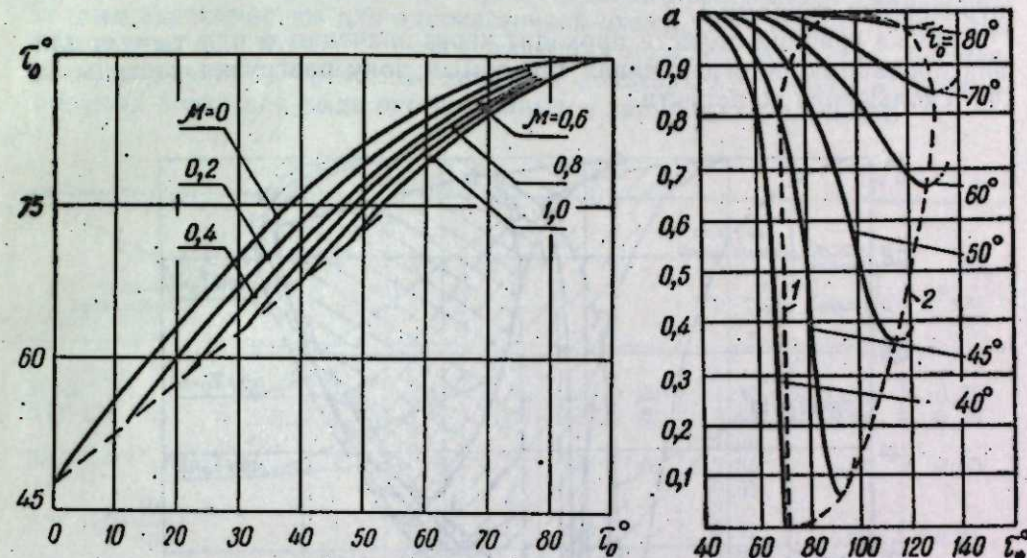


Рис. 3. $\tau_1 = \tau_1(\tau_0, \mu)$.

Рис. 4. $\alpha = \alpha(\tau_0, \tau_*)$ при $\mu = 0,8$.

4. Свободное движение частицы. Если к моменту $\tau = \tau_1$ частица не сойдет с лопасти в точку, то под влиянием действующих сил она оторвется от лопасти и полетит по параболе. Уравнения параболы в параметрической форме относительно неподвижных осей координат η , ξ имеют вид:

$$\eta = x_1 \cos \omega t_1 + \dot{x}_1 (t - t_1) \cos \omega t_1 - \omega x_1 (t - t_1) \sin \omega t_1, \quad t_1 \leq t \leq t_2, \quad (4.1)$$

$$\xi = x_1 \sin \omega t_1 + \dot{x}_1 (t - t_1) \sin \omega t_1 + \omega x_1 (t - t_1) \cos \omega t_1 - \frac{g(t - t_1)^2}{2}.$$

Учитывая (3.4) и полагая

$$\eta_{11} = \frac{\omega^2}{g} \eta, \quad \xi_1 = \frac{\omega^2}{g} \xi, \quad (4.2)$$

запишем (4.1) в безразмерной форме:

$$\eta_{11} = y_1 \cos \tau_1 + \dot{y}_1 (\tau - \tau_1) \cos \tau_1 - y_1 (\tau - \tau_1) \sin \tau_1, \quad \tau_1 \leq \tau \leq \tau_*, \quad (4.3)$$

$$\xi_1 = y_1 \sin \tau_1 + \dot{y}_1 (\tau - \tau_1) \sin \tau_1 + y_1 (\tau - \tau_1) \cos \tau_1 - \frac{(\tau - \tau_1)^2}{2},$$

или, переходя к полярным координатам,

$$\rho = \sqrt{\tau_1^2 + \xi_1^2} = \frac{\omega^2}{g} \sqrt{\tau^2 + \xi^2},$$

$$\tau = \text{arc tg } \frac{\xi_1}{\tau_1}. \quad (4.4)$$

Далее для рассматриваемого этапа движения искомый параметр α найдется из соотношения:

$$\alpha = \frac{r}{R} = \frac{\rho(\tau_*)}{y(\tau_0)} = \alpha(\tau_0, \tau_*, \mu), \quad \tau_* \geq \tau_1. \quad (4.5)$$

Это выражение для практически интересных значений τ_0 при фиксированном $\mu = 0,8$ представлено на рис. 4 областью, заключенной между штриховыми линиями 1, 2.

Левая граница области проходит через значения α при $\tau_* = \tau_1$ для фиксированных τ_0 , ограничивая тем самым зону разгрузки частицы за счет скольжения по лопасти.

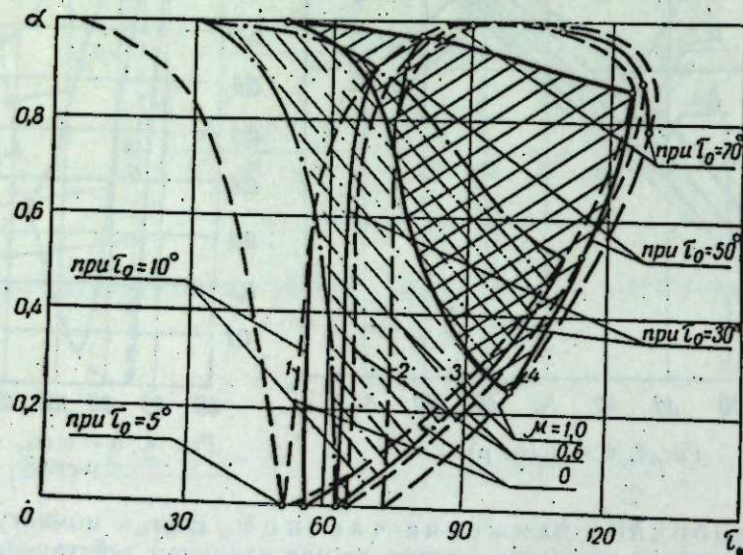


Рис. 5. $\alpha = \alpha(\tau_0, \tau_*, \mu)$.

Правая граница соединяет минимальные значения α в конце свободного этапа разгрузки. В этом случае τ_* находится из условия $\frac{d\alpha}{d\tau_*} = 0$.

Наличие минимума для α очевидно и из рассмотрения расчетной схемы.

На рис. 5 показано влияние μ на величину α для ряда фиксированных значений τ_0 . Здесь штриховыми линиями ограничены две зоны. Левая зона образована двумя кривыми, одна из которых (1) проходит через значения α , соответствующие моменту отрыва частицы для ряда последовательно фиксированных значений τ_0 при $\mu = 0$, другая (2) — при $\mu = 1$. Правая зона, соответствующая концу разгрузки, образована также двумя линиями (3 и 4), проходящими через минимальные значения α для тех же τ_0 при соответствующем μ . Для интерполяции в каждой зоне проведена аналогичная кривая, рассчитанная для $\mu = 0,6$. Значения α для одного и того же τ_0 , через которые проходят кривые с граничным значением μ , соединены на рисунке сплошными линиями. Каждая из этих линий показывает интервал колебания α для фиксированного τ_0 в зависимости от изменения μ .

Крайние значения этих интервалов для соответствующих τ_0 в обеих зонах, будучи соединены между собой, позволяют установить колебание α при любом τ_* в зависимости от μ . На рис. 5 такая замкнутая зона построена сплошными линиями для α при $\tau_0 = 50^\circ$ и штрихпунктирными для α при $\tau_0 = 30^\circ$.

5. К методике расчета экскавационных колес. В принятой расчетной схеме рассматриваются условия разгрузки изолированной материальной частицы, максимально удаленной от края разгрузочной точки в первоначальный момент движения.

Характер разгрузки сплошной среды будет несколько отличаться от поведения частицы. Однако проверка некоторых параметров экскавационных колес современных роторных экскаваторов, выполненная по расчетным зависимостям для одночастичной схемы, дает вполне сравнимые результаты с параметрами существующих моделей. В табл. 1 приведены фактические и расчетные значения некоторых параметров экскавационных колес для ряда отечественных и зарубежных моделей.

Таблица 1

Модель экскаватора	Параметры		$\alpha = \frac{r}{R}$	τ_*	τ_0	Фактические значения $\omega_{\text{ф}} \cdot \frac{1}{\text{сек}}$	Расчетные значения $\omega_{\text{max}} \cdot \frac{1}{\text{сек}}$	$\frac{\omega_{\text{ф}}}{\omega_{\text{max}}}$
	$r, \text{ м}$	$R, \text{ м}$						
ЭР-5	1,5	1,9	0,78	120	50	1,12	1,50	0,75
ЭТР-152	1,2	1,6	0,73	120	50	0,98	1,48	0,85
ЗЭР-500-1	1,7	2,2	0,76	125	40	1,25 0,85	1,32	0,65
ЭРГ-1600 $\frac{40}{10}$ 31	4,2	5,7	0,75	120	50	0,42 0,52	0,83	0,64
Оренштейн-Коппель 600	3,4	4,0	0,85	125	45	0,78 1,00	1,25	0,80
10.0								
Крупн $\frac{1150}{2.9}$ 28	4,2	5,6	0,75	120	50	0,38 0,62	0,95	0,66

Приведенные данные показывают, что расчетные зависимости для одночастичной схемы могут быть использованы для определения предельных значений ряда параметров и в первую очередь максимального значения ω , минимального τ_* и др. В связи с этим целесообразно предварительно рекомендовать следующий порядок расчета экскавационных роторных колес:

1. Установление независимых параметров. Как было показано выше при расчете ротора, за независимые переменные могут быть приняты три безразмерных параметра. Если в качестве независимых безразмерных параметров принять угол наклона передней стенки точки τ_* , соотношение размеров ротора $\alpha = \frac{r}{R}$ и характеристику грунта μ , то в числе определяемых параметров будут безразмерный комплекс, характеризующий величину угловой скорости Ω , и угол задней стенки точки τ_0 .

2. Определение искомых параметров. Для этого используем графические зависимости (рис. 2 и 5) и безразмерные комплек-

сы α , Ω (формулы 2.7; 2.11). Приняв α и τ_0 по рис. 5 для заданного диапазона изменения μ , находим интервал колебаний τ_0 . Далее, используя семейство кривых на рис. 2, устанавливаем интервал колебания Ω . Пользуясь формулой (2.11), определяем желательный диапазон изменения ω с точки зрения оптимальных условий работы ротора. С этой целью из технологических соображений необходимо предварительно установить величину внутреннего или наружного радиуса ротора.

Настоящая работа является первым приближением к обоснованию методики расчета роторных экскавационных колес. В настоящее время продолжают исследования с целью обоснования и рекомендации инженерной методики расчета всех основных конструктивно-кинематических параметров рабочих органов роторных экскаваторов. Эти работы предусматривают как дальнейшее уточнение расчетной схемы, так и постановку широкой экспериментальной проверки полученных зависимостей в лабораторных и производственных условиях.

Институт горного дела
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
1/VIII 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. A. William's Grundsätzliches über Schaufelradbagger und die neu eingeschlagene Konstruktionswege bei der Entwicklung dieser Geräte. Bergbautechnik, Hf. 1, 2, 3, 1954.
2. R. Ciesielski, Ausnutzung der Zentrifugalkraft zur Leistungssteigerung der Schaufelradbagger Bergakademie, № 3, 1959.
3. Л. И. Седов, Методы подобия и размерности в механике, ГТТИ, 1957.

Н. Г. КАПУСТИН

ОПТИМАЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ОДНОВРЕМЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВ УГОЛЬНОЙ СВИТЫ

При совместной подготовке свиты сближенных пластов нередко представляется возможным разрабатывать только некоторую часть их, которая количественно выражается коэффициентом одновременности k . Роль этого параметра при внедрении расчетных методов в горное проектирование весьма значительна. Например, без знания коэффициента одновременности проектировщик не может пользоваться формулами:

$$A = N_3 N_k L \Sigma p \cdot hk, \quad (1)$$

$$a = E_1 + E_2 S + E_3 : S + E_4 : HS + E_5 H + E_6 : H, \quad (2)$$

где H — число этажей в шахтном поле,

S — длина шахтного поля по простиранию,

E_i — некоторые коэффициенты, зависящие от других исходных данных проектирования (другие буквенные обозначения, приведенные здесь и далее, см. в табл. 1).

Таким образом, без знания коэффициента одновременности нельзя вычислить ни мощности шахты, ни размеров шахтного поля.

Следовательно, разработка пути расчетного обоснования коэффициента одновременности расширяет область применения формул (1) и (2) для свиты сближенных пластов. Формула (1) часто необходима для определения высоты нового шахтного этажа h , когда мощность шахты A и длина поля S заданы конкретными их значениями по техническому паспорту ранее построенной шахты.

В таких случаях возникает гиперболическая зависимость:

$$hk = \frac{A}{N_3 N_k L \Sigma p} = \text{const.} \quad (3)$$

Если же, вопреки этой зависимости, высота шахтного этажа принята произвольно большой, то на шахте возникает вынужденный низкий коэффициент одновременности.

В работе [1] показано, что произвольное изменение параметров h , k может удорожить добываемый уголь до 150% против минимума расходов, который имеет место только при определенных значениях h , k , связанных между собой по закону гиперболы.

В работе [1] дано общее решение задачи об оптимальных параметрах подготовки этажа в сложных геологических условиях типа Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса. Между тем для простейших в структурном отношении свит Карагандинского, Печорского и Донецкого бассейнов эта задача решается более просто с помощью заданных (ранее вычисленных независимыми путями) значений таких параметров горных работ, как n , x , L , θ_0 . Эти параметры относительно легко устанавливаются без обращения к высоте шахтного этажа. Годовое продвижение фронта L очистных работ рассчитывается путем составления проекта

очистного цикла для лавы рациональной длины. Расстояние между промежуточными квершлагами x для нового этажа, с одной стороны, фиксируется ранее пройденными вентиляционными квершлагами, с другой стороны, диктуется [2] соотношением стоимости промежуточного квершлага K и «ценой» поддержания Σp этажных штреков: $x = \sqrt{2KL : \Sigma p}$. Число полей n устанавливается [3] из тождества времени отработки запасов на простирании nx и времени подготовки новых полей такого же простирания.

Задачей настоящей статьи является технико-экономическое обоснование коэффициента одновременности разработки свиты зависимых пластов типа пластов Карагандинского, Печорского и Донецкого бассейнов.

Для свит названных и некоторых других угольных районов характерно реальное значение средней производительности «списочного» пла-



График нарастающей суммы производительности пластов в зависимости от их числа в угольной свите.

1 — свита Ленинского месторождения в Кузбассе (скв. 2184); 2 — ерунаковская свита (Осинники, Кузбасс); 3 — балахонская свита в разрезе по третьему квершлагу шахты им. Влахрушева (Кузбасс); 4 — карагандинская свита (промышлен. участок).

та $p = \Sigma p : \vartheta$. Чтобы убедиться в реальном существовании средней производительности пласта, достаточно построить график нарастающего итога $\Sigma p = f(\vartheta)$, как показано на рисунке. Если такой график окажется прямой или почти прямой, по крайней мере, на интересующих нас отрезках, соответствующих той или иной шахте, то логично будет ввести понятие $p = \frac{\Sigma p}{\vartheta}$. Тогда появится основание коэффициент одновременности разработки пластов выразить отношением числа пластов:

$$k = P : \Sigma p = p \vartheta_0 : p \vartheta = \vartheta_0 : \vartheta. \quad (4)$$

Введем понятие: оптимальным коэффициентом одновременности разработки пластов называется его значение, при котором сумма производственных издержек на добычу 1 т угля будет минимальной.

Вывяим расходы, зависящие от высоты этажа и коэффициента одновременности разработки пластов, гиперболически связанных по формуле (3).

Удельные расходы на подготовку этажа:

$$a_1 = \left(\frac{\Sigma K_{ш}}{\Sigma p} + \frac{l_k K_k}{x \Sigma p} + \frac{D}{S \Sigma p} \right) \cdot \frac{\Gamma}{h}. \quad (5)$$

Допустимо приближенно принимаем пласты тождественными по объему подготовительных работ и взаимозаменяемыми при формировании добычи шахты. Тогда в погашении и в проведении всегда будет находиться неизменное суммарное протяжение штреков $\vartheta_0 (0,5 M \vartheta_0 + 0,5 M \vartheta_0)$, или общая длина штреков в поддержании будет $M \vartheta_0^2$.

Удельные затраты на поддержание этажных штреков:

$$a_2 = \frac{r_{ш} M}{A} \vartheta_0^2. \quad (6)$$

Удельные расходы на поддержание промежуточных квершлагов устанавливаем для одновременно разрабатываемых полей, образующих своим суммарным простиранием фронт развития горных работ. Расходы по этажу этого направления будут $W = l_k r_k t_k \frac{S}{x}$. Срок поддержания t_k устанавливаем как среднее между максимальным $Sh \Sigma p : A$ и минимальным $\frac{nx}{KL} = \frac{\vartheta_0 M \vartheta}{L \vartheta_0} = \frac{M \vartheta}{L}$:

$$t_k = \frac{Sh \Sigma p}{2A} + \frac{M \vartheta}{2L}$$

Тогда $W = l_k r_k \frac{S}{x} \left(\frac{Sh \Sigma p}{2A} + \frac{M \vartheta}{2L} \right)$, или на 1 т угля $a_3 = \frac{W}{Sh \Sigma p}$.

После подстановки $Lh \Sigma p = \frac{A}{N_3 N_k K} = \frac{A \vartheta}{N_3 N_k \vartheta_0}$ имеем

$$a_3 = \frac{l_k r_k S}{2xA} + \frac{l_k r_k M N_3 N_k \vartheta_0}{2xA}. \quad (7)$$

Удельные расходы на подъем угля и воды:

$$a_4 = (q_c \sin \alpha + 0,5 q_0) h. \quad (8)$$

Удельные расходы на доставку по промежуточным штрекам:

$$a_5 = \left(1 - \frac{h_a}{h} \right) l_m q_m = l_m q_m - \frac{h_a l_m}{h} q_m. \quad (9)$$

На крутонападающих пластах $q_0 = 0$, и тогда перепуск угля по скатам совершается с затратами на износ труб [1, форм. 13].

Стоимость изношенных труб для спуска угля, руб/т:

$$a_6 = 0,002 \left(1 - \frac{h_a}{h} \right) h = 0,002h - 0,002h_a. \quad (10)$$

Удельные расходы на «содержание» горизонта в период развития добычи на этаже:

$$a_7 = \frac{F \tau}{Sh \Sigma p} = F \frac{M \vartheta_0}{L} \cdot \frac{1}{Sh \Sigma p} = \frac{M F N_3 N_k}{S A \vartheta} \vartheta_0^2. \quad (11)$$

На основе формул (3) и (4) можно написать: $h = \frac{A}{N_3 N_k L p \vartheta_0}$.

Это выражение высоты этажа подставим в формулы (5—11).

Тогда сумма учтенных расходов составит величину:

$$a = \Sigma a_i = \frac{C_1}{A} \vartheta_0^2 + \frac{C_2}{A} \vartheta_0 + \frac{C_3 A}{\vartheta_0} + C_4, \quad (12)$$

где

$$C_1 = M \left(\frac{F N_3 N_k}{S \vartheta} + r_{ш} \right), \quad (13)$$

$$C_2 = N_3 N_k \left[\frac{l_k r_k M}{2x} + \frac{L}{\vartheta} \left(\Sigma K_{ш} + \frac{l_k K_k}{x} + \frac{D}{S} \right) - h_a l_m q_m L p \right], \quad (14)$$

$$C_3 = \frac{q_c \sin \alpha + 0,5 q_0}{N_3 N_k L p} \text{ для пологого и наклонного падения,} \quad (15)$$

$$C_3 = \frac{q_c \sin \alpha + 0,002}{N_3 N_k L p} \text{ для крутого падения,} \quad (15a)$$

$$C_4 = \text{const.}$$

С целью достижения наименьших расходов выражение (12) исследуем на минимум:

$$\frac{da}{d\vartheta_0} = 2 \frac{C_1}{A} \vartheta_0 + \frac{C_2}{A} - \frac{C_3 A}{\vartheta_0^2} = 0$$

или

$$\vartheta_0 = A \sqrt{\frac{C_3}{2C_1 \vartheta_0 + C_2}} \quad (16)$$

Уравнение (16) решаем способом подстановки и находим экономически выгодное число пластов ϑ_0 для одновременной выемки, которое обращает формулы (16) в тождество, а (12) — в минимум.

Таблица 1

Обозначения параметров и их количества для решаемого примера

Наименование	Обозначение	Ед. измер.	Колич.	Наименование	Обозначение	Ед. измер.	Колич.
Годовая добыча шахты	A	млн. т	0,9	Дистанция доставки на подэтаже	l_m	м	150
Этажи в работе	N_3		1	Время развития добычи на этаже	τ	лет	—
Крылья в работе	N_k		1—2	Цена поддержания 2-этажных пластовых штреков в год	$r_{ш}$	руб./м	250
Длина шахтного поля	S	км	4	То же, промквершлага	r_k		160
Вскрытые пласты	ϑ		8	Стоимость проведения лог. м этажных штреков по всем пластам	$\Sigma K_{ш}$	тыс. руб.	8
Опережение между смежными пластами	M	м	80	Стоимость околоствольного двора	D	млн.	3
Высота подэтажа	h_d	м	120	Цена доставки 1 т угля на лог. м по бремсбергу	q_b	руб.	0,012
Длина выемочного поля	x	м	600	То же по промштреку	q_m	руб.	0,02
Длина промквершлага	l_k	м	1000	То же, для угля и воды по шахтному стволу	q_c	руб.	0,008
Угол падения пластов	α	град.	25	Стоимость лог. м квершлага	K_k	руб.	2500
Высота шахтного этажа	h	м	360	Ученные расходы на 1 т угля	a	руб./т	—
Годовое подвигание линии забоев на крыле	L	м/год	360	Годовой фонд зарплаты на содержание горизонта	F	млн. руб.	1,5
Производительность всех пластов с учетом потерь	Σp	т/м ²	10				
Производительность обрабатываемых пластов	P		—				
Число полей для развития добычи	n		1				
Число пластов для одновременной выемки	ϑ_0		—				

Полученными формулами воспользуемся в следующем числовом примере. Шахтное поле длиной 4 км содержит 8 пластов более или менее постоянной мощности с углом падения 25°. Все пласты свиты являются сближенными и разрабатываются этажным способом. Годовая производительность шахты обеспечивается с одного этажа при двукрылой работе. Свита подготавливается групповым штреком с промежуточными квершлагами, обслуживающими двухсторонние выемочные поля. Необходимые стоимостные и технические параметры показаны в табл. 1.

По формулам (13—15) находим величины: $C_1 = 0,027 \cdot 10^6$, $C_2 = 0,866 \cdot 10^6$, $C_3 = 10,4 \cdot 10^{-6}$ и $C_4 = \text{const}$ (см. табл. 2).

Расчет расходов на 1 т угля

№ формул	Схема расчета	Количество
13	I. Вариант оптимальных параметров: $h = 314$, $L = 360$, $N_k = 2$, $\vartheta_0 = 3,2$ $80 \left(\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 1}{4000 \cdot 8} + 250 \right) =$	27600
14	$\frac{2 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 150 \cdot 80}{2 \cdot 600} + 2 \cdot 1 \cdot \frac{360}{8} \left(8000 + \frac{3 \cdot 10^6}{4000} + \frac{1000 \cdot 2500}{600} \right) - 2 \cdot 1 \cdot 120 \cdot 150 \cdot 0,02 \cdot 360 \cdot 1,25 =$	866000
15	$\frac{0,008 \cdot 0,42 + 0,5 \cdot 0,012}{2 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 1 \cdot 1,25} =$	$10,4 \cdot 10^{-6}$
12	$\frac{0,0276 \cdot 10^6 \cdot 3,2^2}{0,9 \cdot 10^6} + \frac{0,866 \cdot 10^6 \cdot 3,2}{0,9 \cdot 10^6} + \frac{10,4 \cdot 0,9 \cdot 10^6}{10^6 \cdot 3,2} + C_4 =$	$6,87 + C_4$
12	II. Вариант $h = 143$, $\vartheta_0 = 7$, $L = 360$, $N_k = 2$ В этом варианте коэффициенты C в формуле (12) тождественны коэффициентам варианта I $\frac{0,0276 \cdot 10^6 \cdot 7^2}{0,9 \cdot 10^6} + \frac{0,866 \cdot 10^6 \cdot 7}{0,9 \cdot 10^6} + \frac{10,4 \cdot 0,9 \cdot 10^6}{10^6 \cdot 7} + C_4 =$	$9,57 + C_4$
13	III. Вариант $h = 314$, $\vartheta_0 = 7$, $L = 164$, $N_k = 2$ Аналогично варианту I	
14	$\frac{2 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 150 \cdot 80}{2 \cdot 600} + \frac{2 \cdot 1 \cdot 164}{8} \left(8000 + \frac{1000 \cdot 2500}{600} + \frac{3 \cdot 10^6}{4000} \right) - 2 \cdot 1 \cdot 120 \cdot 150 \cdot 0,02 \cdot 164 \cdot 1,25 =$	400000
15	$\frac{0,008 \cdot 0,42 + 0,5 \cdot 0,012}{2 \cdot 1 \cdot 164 \cdot 1 \cdot 1,25} =$	$23 \cdot 10^{-6}$
12	$\frac{0,0276 \cdot 10^6 \cdot 7^2}{0,9 \cdot 10^6} + \frac{0,4 \cdot 10^6 \cdot 7}{0,9 \cdot 10^6} + \frac{23 \cdot 0,9 \cdot 10^6}{10^6 \cdot 7} + C_4 =$	$7,53 + C_4$
13	IV. Вариант $h = 314$, $\vartheta_0 = 7$, $L = 360$, $N_k = 1$ $80 \left(\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 1}{4000 \cdot 8} + 250 \right) =$	24000
14	Результат в 2 раза меньший, чем в варианте I	433000
15	Результат в 2 раза больший, чем в варианте I	$20,8 \cdot 10^{-6}$
17	$a_3 = \frac{0,44 \cdot 0,001 \cdot 65^3 \cdot 4000}{360 \cdot 314 \cdot 10} =$	0,43
12 + 17	$\frac{0,024 \cdot 10^6 \cdot 7^2}{0,9 \cdot 10^6} + \frac{0,433 \cdot 10^6 \cdot 7}{0,9 \cdot 10^6} + \frac{20,8 \cdot 0,9 \cdot 10^6}{10^6 \cdot 7} + 0,43 + C_4 =$	$7,8 + C_4$

Тогда по формуле (12)

$$\vartheta_0 = 0,9 \cdot 10^6 \sqrt{\frac{10,4}{10^{12} (2 \cdot 0,027 \vartheta_0 + 0,866)}} = 0,9 \sqrt{\frac{10,4}{0,054 \vartheta_0 + 0,866}}$$

Искомый корень последнего уравнения $\vartheta_0 = 3,2$ дает коэффициент одновременности $k = \vartheta_0 : \vartheta = 3,2 : 8 = 0,4$, которому по формуле (3) соответствует высота шахтного этажа 314 м.

Исследуем изменения затрат на добычу 1 т угля при различных параметрах (табл. 2). В табл. 2 рассматриваются четыре случая: 1) вариант оптимальных параметров; 2) вариант предельно возможного числа разрабатываемых пластов $\vartheta_0 = x : M = 7$ и соответственно по формуле (3) уменьшенной высоты шахтного этажа в 143 м; 3) вариант высоты этажа 314 м и технически предельного числа одновременно разрабатываемых пластов $\vartheta_0 = 7$; тогда по условию неперемного тождества (3) возникнет фактически складывающееся годовое подвигание очистных работ на крыле:

$$L = \frac{A}{N_x N_x h k \Sigma p} = \frac{0,9 \cdot 10^6}{2 \cdot 1 \cdot 314 \cdot 0,82 \cdot 10} = 164 \text{ м,}$$

которое явится следствием вынужденного излишнего стояния в резерве нарезанных и оборудованных лав, что будет продиктовано годовой производительностью шахты, рассматриваемой в данном случае неизменной; 4) вариант последовательной отработки крыльев при высоте этажа 314 м; в этом случае по сравнению с одновременной разработкой двух крыльев возникает перерасход на энергию движения воздуха по продольным [3, стр. 162]:

$$a_8 = \frac{1}{Sh \Sigma p} \cdot \left(\frac{cQ^3 S^2}{2L} - \frac{cQ^3 S}{16L} \right) = 0,44 \frac{cQ^3 S}{Lh \Sigma p}, \text{ руб/т,} \quad (17)$$

где $c = 0,001$. В решаемом примере (табл. 2) подача воздуха в шахту составляет $Q = 65 \text{ м}^3/\text{сек}$. Результаты расчетов по табл. 2 сопоставим между собой:

Вариант	I	II	III	IV
Учетные расходы, руб/т	6,87	9,57	7,53	7,8
То же, %	100	138	110	113

Так убеждаемся, что всякие отклонения от оптимальных параметров ($h = 314$, $N_x = 2$, $L = 360$ и $k = 0,4$) при прочих тождественных условиях удорожают угледобычу.

В ходе составления календарного плана развития горных работ из-за недостатка времени для подыскания стоимостных параметров не всегда возможно осуществить расчеты по изложенной программе. Тогда для выявления оптимального коэффициента одновременности разработки пластов в его приближенном значении, а для Карагадинского, Печорского и Донецкого бассейнов в строгом значении, можно применить второй путь расчета. Рассмотрим его.

Время отработки запасов этажа на протяжении nx метров тем больше, чем меньше число одновременно обрабатываемых пластов ϑ_0 . Действительно, если пласты обрабатывать последовательно по одному ($\vartheta_0 = 1$), то время разработки будет максимальным и равным $\frac{nx \vartheta}{L}$.

При одновременной разработке $\vartheta_0 > 1$ пластов время будет в ϑ_0 раз меньше и составит величину $t_n = nx \vartheta : L \vartheta_0$ лет. Кроме того, следует учитывать период развития добычи $\tau = \vartheta_0 M : L$ и период затухания той же

продолжительности. Суммарное время отработки запасов $nxh\Sigma p$ будет $t = t_n + 2\tau$, откуда имеем:

$$t_n = t - 2\tau = \frac{nx \vartheta}{L \vartheta_0}, \text{ или } \vartheta_0 t_n = \frac{nx \vartheta}{L} = \text{const}, \quad (18)$$

где t_n — период одновременной разработки номинального числа пластов ϑ_0 с желательной стабильной добычей угля. Из формулы (11) следует, что в целях удешевления угля необходимо сократить период τ . Однако сокращение времени развития и затухания естественно увеличивает желательный период $t_n = t - 2\tau$ максимальной нагрузки на свиту. Отсюда следует, что период высшей стабильной производительности выемочного поля необходимо по возможности удлинять, чем будет достигаться удешевление угля. Вместе с этим из формул (8—10) видно, что при увеличении числа одновременно разрабатываемых пластов также будет достигаться удешевление угля. Таким образом, два сомножителя ϑ_0 и t по формуле (18) следует одновременно увеличивать для удешевления добываемого угля.

Ввиду того, что произведение параметров ϑ_0 и t_n по формуле (18) есть величина постоянная ($nx \vartheta : L$), логично предположить возникновение наименьшей себестоимости угля при достижении равенства этих гиперболически связанных сомножителей ($\vartheta_0 = t_n$). Тогда возникает зависимость:

$$\vartheta_0 t_n = \vartheta_0^2 = \frac{nx \vartheta}{L}, \text{ или } k = \frac{\vartheta_0}{\vartheta} \sqrt{\frac{nx}{L \vartheta}}, \quad (19)$$

где k — искомый оптимальный коэффициент одновременности.

Чтобы убедиться в справедливости введенного условия $\vartheta_0 = t_n$, положенного в основу вывода формулы (19), достаточно сопоставить результаты, полученные по формулам (16) и (19): В решаемом примере коэффициент одновременности по формуле (16) равен 0,4; для тех же условий ($nx = 600$, $L = 360$, $\vartheta = 8$) по более простой формуле (19) имеем $k = \sqrt{nx : L \vartheta} = \sqrt{600 : 8 \cdot 360} = 0,45$, что составит допустимое отклонение в 5%. Требование равенства числа пластов числу лет в случае бездоказательного его применения, как это имело место в работе [4], горные проектировщики [5] не могли использовать ранее. Между тем условие $\vartheta_0 = t_n$ имеет раскрытое выше экономическое содержание и потому закономерно приводит по формуле (19) к оптимальному коэффициенту одновременности. Результаты по формулам (16) и (19) совпадают всегда, что объясняется тождеством двух требований: минимальной себестоимости добычи угля и достижения максимального числа пластов, одновременно разрабатываемых на протяжении максимального времени.

Из формулы (19) вытекает, что коэффициент одновременности тем меньше, чем больше число совместно подготовленных пластов, чем меньше длина фронта непрерывной выемки и чем больше скорость подвигания забоев. Ввиду того, что более мощные пласты требуют более коротких выемочных полей для пожарной безопасности, с увеличением мощности пластов коэффициент одновременности также понижается.

Изложенные выше представления о связях коэффициента одновременности с другими параметрами горных работ, установленные технико-экономическим анализом, вполне согласуются с суждениями акад. Л. Д. Шевякова [3, стр. 126] о горно-технических факторах (подработка и др.), влияющих на размер этого коэффициента.

Формула (19) позволит в будущем решать и другие горные задачи. Например, она полезна при решении задачи на установление рационального количества пластов в горном отводе шахты-новостройки по усло-

вию достижения предельного оптимального коэффициента одновременности разработки этих пластов. Такое применение этой формулы иллюстрируется приведенными ниже данными для фронта развития работ $lx = 600$ м и подвигания $L = 360$ м.

Вариант числа пластов Φ в горном отводе шахты	4	6	8	10	12	18
Число пластов для одновременной выемки по формуле $\Phi_0 = \sqrt{lx\Phi} : L$	2,4	3	3,2	4	4,5	5,8
Коэффициент одновременности разработки k	0,6	0,5	0,4	0,4	0,37	0,32

Разумеется, число пластов в горном отводе устанавливается по совокупности соображений; однако в их ряду не последнюю роль должен играть оптимальный коэффициент одновременности разработки, характеризующий степень интенсификации горных работ в шахте. Действительно, по указанным выше данным видно, что оптимальное число одновременно разрабатываемых пластов значительно отстает по росту от общего числа пластов в горном отводе. Это обусловит для чрезмерного числа пластов в горном отводе низкую эффективность капитальных вложений и консервацию промышленных запасов месторождения.

На примере вариантов III, IV табл. 2 видно, что повышение интенсивности разработки свиты, вопреки понятию оптимального коэффициента одновременности, вообще возможно, но неминуемо связано с удорожанием добываемого угля. Следовательно, в совокупности с другими общезвестными критериями для установления рационального числа пластов в горном отводе должна учитываться также необходимость достижения оптимального и коэффициента одновременности разработки сближенных пластов.

Формула (19) позволит в будущем положительно разрешать, по-видимому, и другие горные задачи.

Томский политехнический институт

Поступила в редакцию
5/VI 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Г. Капустин, К вопросу о подготовке сближенных пластов. Уголь, № 5, 1958.
2. К. И. Т а т о м и р, Вскрытие и разработка каменноугольных месторождений с расположением главных выработок в устойчивых породах. Углетехиздат, М., 1950.
3. Л. Д. Ш е в я к о в, Основы теории проектирования угольных шахт. Углетехиздат, М., 1958.
4. И. С. Б о г о с л о в с к и й, Определение производственной мощности угольных шахт на оконуренных участках свиты пластов наклонного и крутого падения. Автореф. Горн. ин-т им. В. В. Вахрушева, Свердловск, 1951.
5. С. С. К в о н, К вопросу о применении аналитического метода в горном деле. Горный журнал, № 5, 1952.

Ю. Н. ПИОТТУХ

О ДВИЖЕНИИ ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО ПОТОКА

В ряде областей техники приходится иметь дело с одновременным пневмотранспортом двух различных материалов. Такой вид перемещения материалов применяется в ряде схем энерготехнологической переработки твердого топлива при пневмотранспорте теплоносителя и топлива, в химической промышленности — при пневмотранспорте катализатора и частиц реагируемого материала и т. д.

Однако если вопросу движения однородных частиц в газовом потоке посвящено большое количество исследований, то вопрос движения трехкомпонентной смеси до настоящего времени в литературе не освещался.

Целью настоящей работы было получение ряда зависимостей, характеризующих вертикальное движение снизу вверх, такого трехкомпонентного потока, который состоит из газа и двух твердых материалов различного удельного веса. Нужно было получить зависимость времени пребывания частиц в газовом потоке как функции от скорости газа W_r , размеров перемещаемых частиц и соотношения их концентраций в газовом потоке. Одновременно необходимо было выяснить закон изменения скорости частиц W_t с момента поступления частицы в поток до момента выхода ее из потока, а также изменение порозности по длине трубы.

Движение твердых частиц в газовом потоке может осуществляться различным образом в зависимости от их концентрации. Нами рассматривался случай движения частиц при общей весовой концентрации 30—40 кг частиц на 1 кг газа, которая обычно принимается при пневмотранспорте. Такая концентрация с запасом обеспечивает движение частиц в однородной фазе и позволяет рассматривать в первом приближении движение такого трехкомпонентного потока как перемещение одиночных частиц в потоке газа с последующим введением поправок на их взаимное влияние. Чтобы определить закон изменения скорости частиц по высоте трубы, рассмотрим условия равновесия сил при движении твердых частичек в вертикальном газовом потоке снизу вверх. Пренебрегая силой, возникающей от действия градиента давления в трубе, их можно выразить следующим дифференциальным уравнением [1]:

$$m \frac{dW_t}{d\tau} = -mg + \frac{C_f(W_r - W_t)^2 \tau_r F_r}{g}, \quad (1)$$

где W_t — скорость движения твердых частиц, м/сек,
 W_r — скорость движения газового потока, м/сек,
 τ — время, сек.,
 C_f — коэффициент сопротивления.

Скорость движения частиц W_t будет меняться от $W_0 = 0$ (в момент подачи ее в газовый поток) до W_t , при этом

$$W_t = \frac{dS}{d\tau},$$

где S — путь, проходимый частицей, м.

Краевые условия задачи формулируются следующим образом:

$$\tau = 0, \quad S = 0 \text{ и } W_\tau = 0. \quad (2)$$

Из уравнения (1) и краевых условий (2) можно получить зависимости $S = f_1(W_\tau)$ и $\tau = f_2(W_\tau)$, приняв за независимую переменную W_τ .

Интегрирование дифференциального уравнения (1) выполнено в предположении, что: 1) коэффициент лобового сопротивления C_f практически не зависит от скорости движения частиц, т. е. от Re ; 2) на движение частиц не оказывает существенного влияния столкновение их между собой и со стенками труб; 3) форма частиц — правильный шар; 4) γ_r принимаем постоянной.

В результате решения дифференциального уравнения (1) в конечном результате получены выражения

$$S = \frac{\gamma_r d_\tau}{3\gamma_r C_f} \cdot \ln \frac{(W_\tau - W_r)^2 - \frac{2g\gamma_r d_\tau}{3\gamma_r C_f}}{W_r^2 - \frac{2g\gamma_r d_\tau}{3\gamma_r C_f}} + \frac{W_r}{\sqrt{\frac{6C_f\gamma_r g}{d_\tau \gamma_r}}} \times \\ \times \ln \left[\frac{(W_\tau - W_r)(3W_r C_f \gamma_r - \sqrt{6\gamma_r \gamma_r C_f d_\tau g}) - 2\gamma_r d_\tau g + W_r \sqrt{6\gamma_r \gamma_r C_f d_\tau g}}{(W_\tau - W_r)(3W_r C_f \gamma_r + \sqrt{6\gamma_r \gamma_r C_f d_\tau g}) - 2\gamma_r d_\tau g - W_r \sqrt{6\gamma_r \gamma_r C_f d_\tau g}} \right], \quad (3)$$

$$\tau = \sqrt{\frac{d_\tau \gamma_r}{6\gamma_r C_f g}} \cdot \ln \frac{W_\tau (\sqrt{6\gamma_r \gamma_r C_f d_\tau g} - 3C_f \gamma_r W_r) + 3C_f \gamma_r W_r^2 - 2d_\tau \gamma_r g}{-W_r (\sqrt{6\gamma_r \gamma_r C_f d_\tau g} + 3C_f \gamma_r W_r) + 3C_f \gamma_r W_r^2 - 2d_\tau \gamma_r g}, \quad (4)$$

откуда W_τ как функция от τ

$$W_\tau = \frac{\left(\exp \frac{\tau}{\sqrt{\frac{d_\tau \gamma_r}{6\gamma_r C_f g}}} - 1 \right) (3C_f \gamma_r W_r^2 - 2d_\tau \gamma_r g)}{\exp \frac{\tau}{\sqrt{\frac{d_\tau \gamma_r}{6\gamma_r C_f g}}} (\sqrt{6\gamma_r \gamma_r C_f d_\tau g} + 3C_f \gamma_r W_r) + (\sqrt{6\gamma_r \gamma_r C_f d_\tau g} - 3C_f \gamma_r W_r)}. \quad (5)$$

Для нахождения в явном виде функции $S = f_2(\tau)$ необходимо или интегрировать дифференциальное уравнение

$$m \frac{d^2 S}{d\tau^2} + mg - \frac{C_f \gamma_r F_\tau}{g} \left(W_\tau - \frac{dS}{d\tau} \right)^2 = 0, \quad (6)$$

или решить совместно уравнения (3) и (4).

Поскольку аналитическое решение в обоих случаях слишком сложно, искомую зависимость для частных случаев гораздо проще получить графически, построив кривые по уравнениям (3) и (4).

Имея закон изменения скорости движения частичек различного диаметра и удельного веса по длине трубы и по времени, можно получить зависимость изменения порозности потока и весовой концентрации частиц, знание которой необходимо для расчета массо-и теплообмена.

Приближенно, с помощью эксперимента, порозность потока можно определить, исходя из следующих соображений.

Как известно, твердые частицы начинают увлекаться потоком газа.

когда перепад давления ΔP становится несколько большим, чем вес этих частиц, т. е. для единичной частицы

$$\Delta P F_\tau > \frac{\pi d_\tau^3}{6} (\gamma_r - \gamma_g), \quad (7)$$

и для слоя таких частиц

$$\Delta P F > ES (1 - \varepsilon) (\gamma_r - \gamma_g), \quad (8)$$

где F_τ — миделево сечение усредненной сферической частицы, m^2 ,
 d_τ — диаметр усредненной сферической частицы, m ,
 γ_r — удельный вес частиц, kg/m^3 ,
 γ_g — удельный вес газа, kg/m^3 ,
 F — площадь поперечного сечения слоя, m^2 ,
 S — рассматриваемая высота слоя, m ,
 ε — порозность слоя.

Формулы (7) и (8) соответствуют очень малому значению объемной концентрации материала и выведены для частиц, имеющих форму шара. Для частиц любой неправильной формы необходимо учитывать изменение величины миделева сечения в зависимости от ориентации частицы. При различной ориентации частиц изменяется и их миделево сечение. Наименьшей величине миделева сечения соответствует максимальная для данной частички скорость витания и наоборот.

Миделево сечение частицы может быть определено из следующего выражения:

$$F_\tau = K_f \frac{v}{\delta}, \quad (9)$$

где K_f — коэффициент формы, характеризующий отношение миделева сечения частицы к миделеву сечению шара,
 v — объем частицы,
 δ — диаметр шара, эквивалентного по объему рассматриваемой частице.

При различных положениях частиц неправильной формы отношение их максимального миделева сечения к минимальному со скоростью витания будет связано условием

$$\frac{F_\tau^{\max}}{F_\tau^{\min}} = \frac{W_{\text{вит. max}}^2}{W_{\text{вит. min}}^2}. \quad (10)$$

Величина K_f определяется для каждого материала опытным путем. Так, для частиц кузнецких углей [2] K_f может быть принята для нижнего предела изменения $K_f = 0,8 \div 2,4$ и для верхнего $K_f = 0,4 \div 2,1$, которым соответствует изменение скорости витания от 1,7 до 2,3 раза. Коэффициент формы для песка, по данным различных авторов, колеблется в основном в пределах 1,05 — 1,9 (Л. А. Аюпян, Лева, Вайн, Трауб, Грумбер), по данным других авторов — до 4,15 (Вильгельм, Кваук, Оли, Петерсон, Матюшин) (см. [3]). Порозность летящего в газовом потоке слоя определяется из известного соотношения:

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{сл}} - V_\tau}{V_{\text{сл}}}, \quad (11)$$

где $V_\tau = \frac{G_\tau}{\gamma_r}$ — объем, занимаемый в слое твердыми частицами,

$V_{\text{сл}} = F \cdot S$ — общий объем рассматриваемой части слоя,

G — вес твердых частиц, находящихся в рассматриваемой части слоя.

Таким образом,

$$\varepsilon = 1 - \frac{G}{FS\gamma_T} \quad (12)$$

Поскольку взвесить летящие частицы, находящиеся в рассматриваемом объеме, не представляется возможным, величину G определяют косвенно, с помощью измерения перепада давления по длине слоя S . Однако на перепад давления при движении частиц в трубе влияют торможение их при ударах о стенку, вращение частиц, неравномерность распределения скоростей газа и концентраций частиц по сечению трубы и др.

Все эти факторы несколько изменяют действительный перепад давления по отношению к расчетному, тем не менее в первом приближении можно определить G по изменению перепада давления по высоте трубы, учитывая все дополнительные сопротивления специальным коэффициентом, который, по данным И. М. Федорова [3], находится в пределах 0,75—1,0.

Приведенная выше формула порозности (12) справедлива для случая установившегося движения частиц в потоке газа, когда скорость их постоянна. В начальный период движения, когда частицы движутся с ускорением и когда скорость их меняется, порозность слоя не будет постоянной, а будет также изменяться во времени, или, что то же самое, по длине трубы, до тех пор, пока частицы не достигнут своей постоянной скорости.

Для определения порозности слоя в период ускоренного движения твердых частиц рассмотрим элемент объема трубы поперечного сечения F м² длины dx .

При установившемся ускоренном движении твердых частиц через сечение F проходит G_T кг/сек твердых частиц, имеющих объем $V_T = \frac{G_T}{\gamma_T}$.

При этом элементарном объеме Fdx будет находиться твердой фазы $G_T \frac{dx}{\gamma_T W_T}$,

где W_T — скорость движения твердых частиц, м/сек.

Тогда из соотношения (11)

$$\varepsilon = \frac{Fdx - G_T \frac{dx}{\gamma_T W_T}}{Fdx} = 1 - \frac{G_T}{W_T F \gamma_T} \quad (13)$$

Таким образом, для определения порозности в любой точке трубы достаточно знать весовой расход и закон изменения скорости твердых частиц по высоте трубы.

Для иллюстрации рассматриваемого решения разберем пример одновременного движения в газовом потоке частиц угля ($d_y = 0,5$ мм, $\gamma_y = 1315$ кг/м³) и частиц песка ($d_n = 0,83$ мм, $\gamma_n = 2700$ кг/м³) в соотношении 20 кг/час песка и 10 кг/час угля. В качестве газового компонента примем воздух с температурой 50°С ($\gamma_r = 1,056$ кг/м³). По формулам (3) и (4) строим теоретические кривые изменения скорости движения частиц угля (рис. 1, 2). Исключая W_T , строим непосредственно зависимость времени пребывания частиц в трубе τ от ее длины S для различных γ и d частиц (рис. 3).

Воспользовавшись формулами (3) и (13), построим для рассмотренного выше примера кривые изменения порозности по высоте трубы $\varnothing = 17$ мм при скорости газового потока 8 и 10 м/сек.

Для нахождения общей порозности смеси по формулам (3) и (13) находим сначала парциальную порозность отдельно песка и угля, а затем, суммируя их, получаем кривую $\varepsilon = f(S)$ для смеси (рис. 4).

На рис. (1 и 3) четко видно границу перехода от ускоренного движения частиц в период разгона к равномерному движению в период установившегося движения. Как видно из рис. 4, доля пустот в летящем слое получается настолько велика (96,5—99,4%), что движение в таком восходящем потоке можно было бы рассматривать как движение одиночных частиц [4].

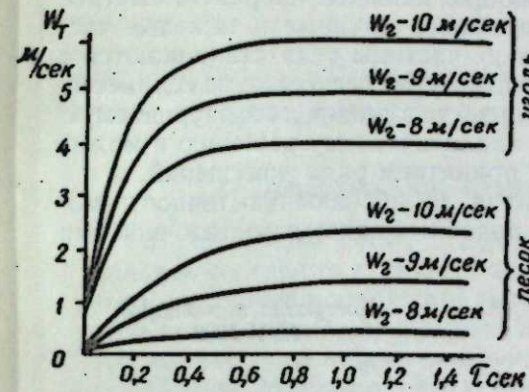


Рис. 1. Изменение скорости частиц песка и угля по времени при различной скорости газового потока.

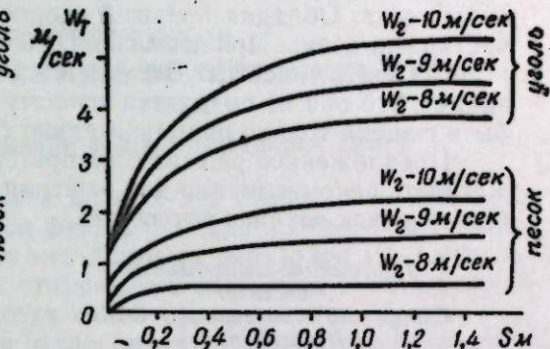


Рис. 2. Изменение скорости частиц песка и угля по длине трубы при различной скорости газового потока.

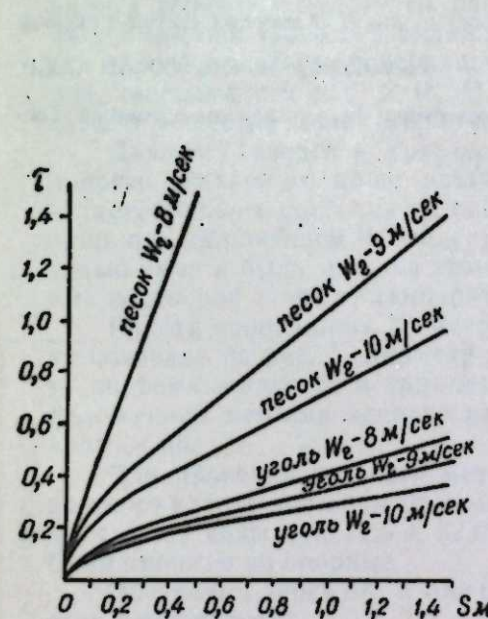


Рис. 3. Влияние длины трубы на время пребывания в ней частиц угля и песка при различной скорости газового потока.

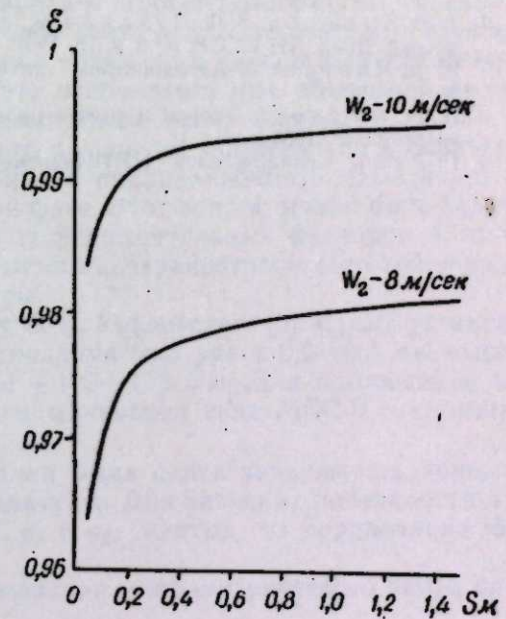


Рис. 4. Изменение порозности потока по длине трубы при различной скорости газового потока.

Однако наличие в пневмосмеси двух твердых компонентов, обладающих различным удельным весом и различными диаметрами частиц, значительно усложняет характер движения частиц. Как показали наблюдения, при скорости газа, близкой к скорости витания частиц, более тяжелые и крупные частицы в начальный момент движения располагаются по стенкам трубки, где скорость газа меньше, чем в центре пото-

ка. Движение этих частиц идет не вертикально вверх, а по спирали, причем шаг этой спирали в начальный период очень небольшой, а затем быстро увеличивается. К концу участка разгона частицы движутся уже по прямой и почти равномерно распределяются по сечению трубки. При скоростях газа, значительно превосходящих скорость витания частиц, эта картина выражена менее ярко, но тем не менее она остается. Более мелкие и легкие частицы угля, обладающие меньшей инерцией, быстрее приобретают постоянную скорость, чем более крупные и тяжелые частицы песка. Обладая большей скоростью, частицы угля сталкиваются с частицами песка. При этом скорость частиц угля несколько замедляется, а песка увеличивается. Все это настолько усложняет рассматриваемую задачу, что она не поддается точному аналитическому решению и может быть решена только приблизительно с принятием ряда допущений.

Предложенное решение, не претендуя на абсолютную точность, может быть рекомендовано для решения подобных задач с достаточной для большинства случаев точностью.

Транспортно-энергетический
институт
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
12/V 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Н. Худяков, З. Ф. Чуханов, К вопросу о движении твердых частиц в газовом потоке. Докл. АН СССР, № 4, т. 78, 1951.
2. И. А. Яворский, Аэродинамика потока в дисперсной среде. Изв. СО АН СССР, № 4, 1958.
3. И. М. Федоров, Теория и расчет процесса сушки во взвешенном состоянии. Госэнергоиздат, 1955.
4. П. Ребу, Книжный слой. ЦИИИцветмет, 1959.

А. Н. КИРГИНЦЕВ, Л. Н. ЕФАНОВ,
Н. И. БУРЛАКОВА

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕХОДОВ СТАБИЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ В МЕТАСТАБИЛЬНОЕ

1. Поверхностное натяжение водных растворов солей

В настоящее время существует мнение, что стабильное и метастабильное состояния являются одной фазой, т. е. при переходе из стабильного состояния в метастабильное нет фазовых переходов [1]. Согласно этой точке зрения, при переходе стабильного состояния в метастабильное все свойства вещества меняются плавно, непрерывно.

Однако Майерс в 1906 г. при исследовании зависимости показателя преломления водных растворов солей от температуры обнаружил скачок этой величины при переходе растворов в пересыщенное состояние [2]. С. С. Уразовский с сотрудниками исследовали ряд свойств расплавов чистых веществ и некоторых растворов и вблизи температуры перехода их в метастабильное переохлажденное состояние обнаружили особенности в ходе политерм поверхностного натяжения, показателя преломления, теплоемкости и т. д. [3, 4]. Эти особенности они объяснили наличием в веществе молекулярно-полиморфных превращений.

Данные Майерса и Уразовского позволяют сомневаться в справедливости указанного выше положения о принадлежности стабильного и метастабильного состояний в одной фазе. Этот вопрос может быть решен лишь при дальнейшем накоплении экспериментальных факторов. С этой целью нами и была изучена зависимость поверхностного натяжения водных растворов солей от температуры.

Работа проводилась по методу С. С. Уразовского [5]. Схема установки показана на рис. 1. Диаметр капилляра был равен 0,2—0,3 мм, высота подъема жидкости в капилляре — 100—150 мм. Для наблюдения за положением мениска использовался микроскоп типа МБС-2 с увеличением $\times 56$.

Для проверки точности методики была снята зависимость поверхностного натяжения воды от температуры. Два значения поверхностного натяжения воды при 17,5 и 22,9°C σ_1 и σ_2 , взятые из справочника [6], были приняты за опорные.

Обозначим через Δh_1 и Δh_2 показания микрометрического винта при этих температурах.

Тогда

$$A + \Delta h_1 = \frac{2\sigma_1}{r \rho_1 g}, \quad (1)$$

$$A + \Delta h_2 = \frac{2\sigma_2}{r \rho_2 g}, \quad (2)$$

где A — постоянная (высота подъема жидкости в капилляре $H = A + \Delta h$),

r — радиус капилляра,

ρ — плотность воды.

Решение уравнений (1) и (2) дает A и g . Зная показания микровинта Δh , A и g , нетрудно рассчитать значение σ при любой температуре t (табл. 1) Из результатов измерений видна высокая точность методики.

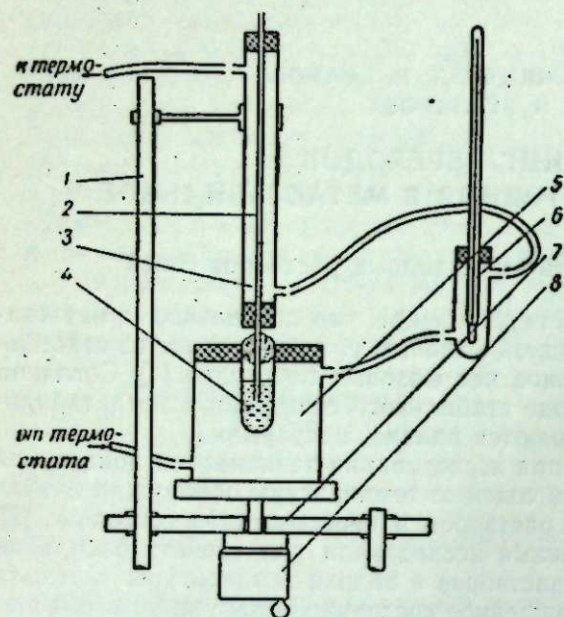


Рис. 1. Схема установки для определения зависимости поверхностного натяжения от температуры. 1 — стойка, 2 — капилляр, 3 — оболочка капилляра, 4 — пробирка с раствором, 5 — оболочка пробирки с раствором, 6 — термометр, 7 — верхнее основание, 8 — микрометрический винт.

довательно, не может вызвать появления скачка на кривой зависимости поверхностного натяжения от температуры. Следует отметить, что, поскольку массообмен жидкости, находящейся в капилляре, с основной массой жидкости замедлен, то испарение даже небольшого количества воды из капилляра может вызвать в нем заметное изменение концентрации раствора, а это может сказаться на температуре скачков.

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{\text{табл.}}, \text{дн/см}$	$\sigma_{\text{опыт.}}, \text{дн/см}$	Отклонение, %
18,1	72,80	72,77	0,04
20,1	72,50	72,49	0,01
22,4	72,17	72,17	0,00
24,1	71,90	71,86	0,06
26,2	71,60	71,57	0,04

Абсолютные измерения величины поверхностного натяжения не проводились, так как для нашей цели достаточно было определить изменение поверхностного натяжения с изменением температуры, на графиках по оси ординат мы откладывали величину Δh .

Измерялось поверхностное натяжение растворов $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, KCl , KNO_3 , CuSO_4 . Концентрация растворов выбиралась такой, чтобы

Таблица 2

$\tau, \text{мин.}$	0	30	60	90	120	150	210	240	300	330	360
$t, ^\circ\text{C}$	30,2	30,2	30,3	30,25	30,3	30,25	30,3	30,2	30,2	30,3	30,2
$\Delta h, \text{мм}$	19,755	19,765	19,700	19,685	19,620	19,600	19,550	19,550	19,420	19,390	19,335

обеспечить переход в пересыщенное состояние при 20° . Зависимость высоты подъема жидкости от температуры представлена на рис. 2. Как видно из этого рисунка, на всех кривых вблизи точки перехода раствора в переохлажденное состояние имеются изломы.

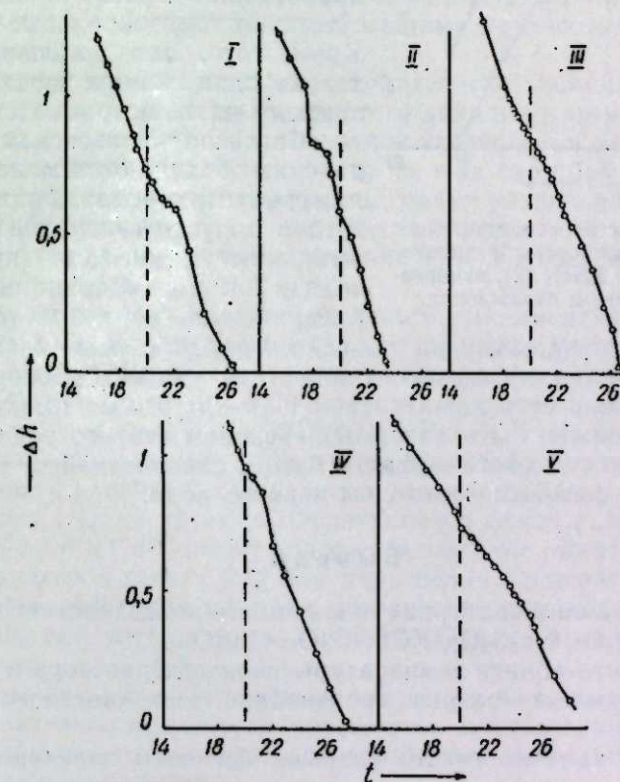


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения растворов солей от температуры. Растворы: I — $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, II — $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, III — CuSO_4 , IV — KCl , V — KNO_3 .

Чтобы убедиться, что излом вызван именно переходом раствора в метастабильное состояние, были проведены опыты по измерению поверхностного натяжения при медленном охлаждении, которое осуществлялось путем увеличения числа точек и времени нахождения раствора при данной температуре (до 30—40 мин.). Можно полагать, что в этих условиях пересыщение не будет иметь места [7]. Результаты представлены на рис. 3. Действительно, в этом случае вблизи температуры перехода точки хорошо укладываются на прямую с небольшим изломом при $19-20^\circ$.

Чтобы выяснить, не сопровождается ли переход в метастабильное состояние изометрическим тепловым эффектом, различными методами были сняты кривые охлаждения ряда растворов вблизи температуры перехода их в пересыщенное состояние. Какого-либо изотермического теплового эффекта обнаружено не было.

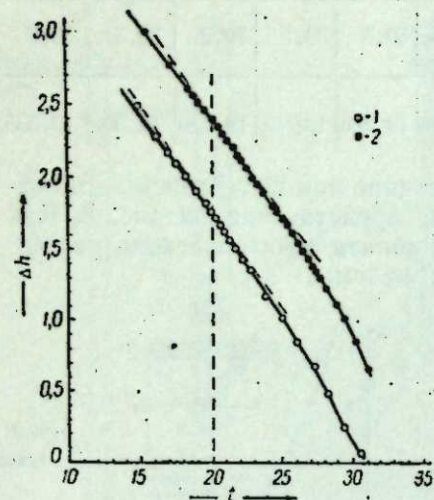


Рис. 3. Зависимость поверхностного натяжения от температуры растворов $K_2Cr_2O_7$ (1) и KNO_3 (2), измеренная при медленном охлаждении.

Уразовского, по-видимому, не объясняет наблюдаемых нами явлений.

На наш взгляд, проще всего допустить, что стабильное и метастабильное состояния суть разные фазы и между ними имеется переход. Этот переход должен быть фазовым переходом второго рода, поскольку изотермического теплового эффекта нет, и, следовательно, этот переход не может быть фазовым переходом первого рода.

Выводы

Исследована температурная зависимость поверхностного натяжения растворов $K_2Cr_2O_7$, $Na_2S_2O_3$, KCl , KNO_3 , $CuSO_4$.

Показано, что вблизи температуры перехода раствора в пересыщенное состояние имеется разрыв производной поверхностного натяжения по температуре.

Объяснено наличие такого разрыва фазовым переходом второго рода.

Институт неорганической химии
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
4/III 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. И. Менделеев, Основы химии, т. 8, 1906, стр. 438.
2. Н. А. Mięrs, F. Isaacs, Pourn. Chem. Soc. 36, 188 (1906).
3. С. С. Уразовский, О молекулярной полиморфии. Изд-во АН УССР, Киев, 1950.
4. С. С. Уразовский, Молекулярный полиморфизм. Изд-во АН УССР, Киев, 1956.
5. С. С. Уразовский, П. М. Четаев. Коллоидный журнал, 11, 359 (1949).
6. Справочник химика, т. 1, Госхимиздат, 1956.
7. В. Д. Кузнецов, Кристаллы и кристаллизация. Гостехиздат, 1954.

Г. В. ГАЙДУКОВ, Н. М. ВОЛКОВА

ПОЛУЧЕНИЕ ЛИТОГО ВАНАДИЯ

Введение

Ванадий, как и другие тугоплавкие и химически активные металлы переходной группы, приобретает самостоятельное значение только в последние годы. Объясняется это большими трудностями получения его в нелегированном виде.

В организации производства пластичного ванадия конкурируют способы восстановления треххлористого ванадия магнием, пяти- и трехокиси ванадия кальцием [1] и трехокиси углеродом в вакууме [2]. Одним из существенных недостатков любого из этих способов является то, что ванадий получается в виде порошков, гранул разных размеров или в виде губки (при последнем способе), и для перевода его в компактный металл требуется многократное спекание или дуговая переплавка в вакууме.

Преимуществом кальцийтермического восстановления окислов ванадия является то, что для осуществления процесса не требуется дорогого и сложного оборудования, а главным источником тепла является тепло экзотермических реакций. Исследованию и усовершенствованию этого процесса посвящен ряд работ. Марден и Рич (см. [1]), исследуя этот процесс, с целью понижения температуры шлакообразования и повышения растворимости конечного шлака использовали добавку хлорида кальция в количестве 1 моля на моль образующейся окиси кальция.

Мак-Кечни и Сейболт [3] при восстановлении окислов ванадия кальцием добавляли в шихту йод для повышения температуры процесса до температуры плавления ванадия. Извлечение ванадия составляло в их опытах 74% при чистоте металла 99,5%. Однако этот процесс является экономически мало эффективным.

Вильгельм и Лонг [4] решили такую же задачу, используя вместо йода сравнительно недорогую серу. В этом исследовании ковкий металл удалось получить только при использовании в качестве исходного материала трехокиси ванадия.

Нами разработан и освоен серакальцийтермический метод восстановления окислов титана, ниобия и ванадия. В настоящей статье рассматриваются результаты исследования процесса получения литого ванадия этим способом.

Термодинамическое обоснование процесса

Рассмотрев величины изменения свободной энергии реакций образования различных окислов, можно сделать вывод, что для восстановления окислов ванадия до металла требуется эффективный восстановитель, например металлический кальций.

Большая величина свободной энергии реакции взаимодействия кальция с кислородом ($\Delta F_{1273} = -121$ ккал/г атом O) над средством вана-

для к кислороду в низшем окисле ($\Delta F_{1273} = -81$ ккал/г атом O) обеспечивает полноту восстановления ванадия до металла. Однако наиболее трудной стадией процесса получения пластичного ванадия является удаление последних порций кислорода, который находится в металле в виде раствора. Чтобы довести содержание примесей внедрения в получаемом ванадии до минимума, требуется избыток кальция. При оптимальном избытке кальция содержание VO в шкале и соответствующая ему концентрация кислорода в металле должны быть минимальными.

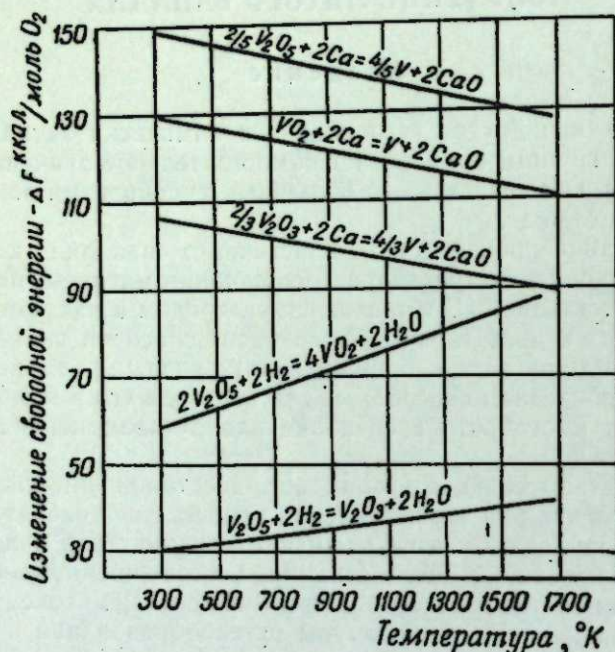


Рис. 1. Изменение свободной энергии реакций восстановления оксидов ванадия.

В отличие от углерода, алюминия и кремния металлический кальций не растворяется ни в жидком, ни в твердом ванадии, но процесс восстановления приходится проводить под повышенным давлением, так как парциальное давление паров кальция имеет значительную величину.

Вычисленное по данным [5] изменение свободной энергии реакций восстановления различных оксидов ванадия металлическим кальцием и водородом приведено на рис. 1. Из графика видно, что реакции восстановления V_2O_5 водородом до V_2O_4 и V_2O_3 , а также всех оксидов ванадия кальцием до металла идут с убылью свободной энергии, т. е. в прямом направлении.

Материалы, аппаратура и метод исследования

Известно [1, 2], что при нагревании ванадий взаимодействует с кислородом (начиная с 300°), серой и азотом (при температуре выше 400°), а также поглощает водород. Присутствие в металле более 0,07% кислорода, 0,010% серы или более 0,03% азота резко понижает его ковкость. При содержании азота, кислорода и серы ниже указанных пределов ванадий является пластичным (твердость по Виккерсу менее 150 единиц). Азот, содержащийся в химически чистом металлическом кальции и в вос-

становливаемой химически чистой пятиокиси ванадия, почти полностью переходит в металл. Следовательно, одним из существенных вопросов при восстановлении оксидов ванадия металлическим кальцием является их чистота по азоту. Особенно недопустимо применять в качестве восстановителя недистиллированный кальций с содержанием азота 0,015–0,028%, так как расход кальция составляет три единицы и более на единицу металла.

Кальций перед опытом подвергался дистилляции в вакууме 10^{-3} мм рт. ст. при $865\text{--}900^\circ$ на установке, которая аналогична ранее описанной [6], лишь несколько больших размеров. Выход кальция чистотой 99,5% составлял 75–80%. Содержание примесей в полученном и исходном кальции было следующим (%):

	До возгонки	После возгонки
Углерод	0,005	0,003
Магний	0,03	0,005
Железо	0,005	0,003
Азот	0,028	0,003
Кислород	не анал.	0,015

Из дистиллированного кальция перед шихтовкой на токарном станке получалась стружка.

Исходным сырьем для получения ванадия служила его пятиокись, содержащая: V — 55,97%, O₂ — 43,77%, N₂ — 0,018%, H₂ — 0,008%, Ti, Mn, Cr, Mg, Ca — в сумме менее 0,2%, Fe, Cu, Si, Al, Ni — менее 0,04% каждого. Как указывает Келли (см. [1]), при восстановлении V_2O_5 водородом происходит удаление азота, если добавляется 4,8–130,4 мг воды на литр газа. Пятиокись указанного выше состава в количестве 1 кг восстановления проводился в две стадии: при температуре $550\text{--}630^\circ$ (т. е. ниже точки плавления V_2O_5) в течение 3 часов до образования фаз окисления V_6O_{13} и V_2O_4 , затем при температуре $850\text{--}900^\circ$ в течение 3 часов до V_2O_3 . Химический анализ показал, что продукты восстановления содержат V — 63,98–66,45%, Ti < 0,1%, Fe, Mg, Ni, Cr, Cu — в сумме 0,1%, N < 0,003%, H > 0,008%, Al < 0,01%, Si < 0,08%.

С целью удаления влаги и, возможно, водорода, адсорбированного в порах трехокси ванадия, в технологическую схему получения ванадия был введен вакуумный обжиг при температуре $450\text{--}500^\circ$ до остаточного давления в системе $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

Изменение содержания азота в продуктах восстановления V_2O_5 водородом в зависимости от температур показано в табл. 1. Из этих данных видно, что лучший по азоту металл можно получить из трехокси, восстановленной из V_2O_5 водородом при 900° .

Рентгенограммы исходной пятиокиси и продуктов восстановления ее водородом приведены на рис. 2. По ним можно видеть, что продуктом восстановления при 600° является одна фаза V_2O_4 , при 800° — V_2O_4 , $VO_{1,87}$ и V_2O_3 , при 900° — в основном V_2O_3 . Все полученные продукты восстановления перед исследованием подвергались осушке при 500° до остаточного давления в системе $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст. Подготовка

Таблица 1
Изменение содержания азота в продуктах восстановления V_2O_5 водородом в зависимости от температуры

Температура восстановления, °C	Температура вакуумного обжига, °C*	Содержание азота, %
900	500	0,002
800	500	0,0047
600	500	0,0074

* До получения остаточного давления в системе $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

шихтовых материалов по указанному здесь способу обеспечивала достаточную чистоту исходных материалов.

Шихта всех опытов состояла из порошкообразной трехокси ванадия, серы и стружки кальция в качестве металла-восстановителя. Трехокись ванадия и сера перед плавкой измельчались до 0,15 мм. Порошкообразная сера добавлялась в качестве термитной добавки. Соотношение между компонентами шихты было следующим: $V_2O_5 : S : Ca = 10 : 3 : 19$. Шихта брикетировалась под давлением 1200—2400 кг/см² в штабики диаметром 40 мм, высотой 30—35 мм.

Аппарат для получения слитков ванадия состоит из стального колокола, изготовленного из газового баллона. Колокол с помощью болтов соединяется с плоским основанием, в которое вмонтирована медная водоохлаждаемая изложница. На изложницу опирается медное кольцо, на которое устанавливается молибденовый реактор с воронкой. Шихта в виде брикетов в количестве 1600—3200 г загружается в реактор, который закрывается колоколом.

Под колоколом создается вакуум 10^{-3} мм рт. ст., после чего вводится осушенный и очищенный аргон до создания давления 1,1—1,25 атм. Очистка аргона производилась периодическим пропуском его из баллона через железную трубку со стружкой кальция при давлении в 2 атм и 700°, затем с помощью вакуумного вентиля в реакционный аппарат до заданного давления аргона с содержанием менее 0,01% азота. Колокол аппарата подогревался до температуры 300—320°, т. е. до начала экзотермической реакции взаимодействия серы с металлическим кальцием. За счет тепла, выделяющегося при этой реакции, шихта разогревалась до температуры начала реакции восстановления трехокси ванадия металлическим кальцием. Тепло экзотермических реакций взаимодействия серы и трехокси ванадия с металлическим кальцием способствовало общему разогреву продуктов восстановления до температур порядка 2500°С. К моменту завершения реакции восстановления давление в системе возрастало до 8—12 атм. О поступлении расплавленных продуктов реакции в изложницу судили по выделению пара из отводящей трубки водоохлаждаемой изложницы. Процесс кристаллизации восстановленного металлического ванадия заканчивался в течение 2—3 минут.

Благодаря наличию водоохлаждаемой изложницы разгрузка аппарата могла быть начата спустя 1—1,5 часа после конца процесса восстановления. Все операции по восстановлению оксидов ванадия, исключая откачку (которая зависит от герметичности системы и производительности насосов), заканчиваются в течение 1,5—2 часов. После вскрытия аппарата продукты восстановления из медной изложницы свободно извлекаются в виде затвердевшей массы расслоенных металла и шлака. Обработка продуктов реакции сводится к простому отделению слитка от шлака и выщелачиванию гранул ванадия из шлака водой и 10% соляной кислотой.

Результаты исследования

Прежде всего следовало выяснить влияние брикетирования и величины навески на выход металла и полноту течения реакции.

Из табл. 2 видно, что брикетирование, снижая разбрызгивание шихты и улучшая тепловой баланс процесса, значительно повышает выход металла. Увеличение навески при прочих равных условиях, улучшая тепловой баланс процесса, также увеличивает выход металла.

При проведении укрупненных опытов прежде всего был установлен оптимальный вес шихты в 1600 г для аппарата объемом 20 л и 3200 г —

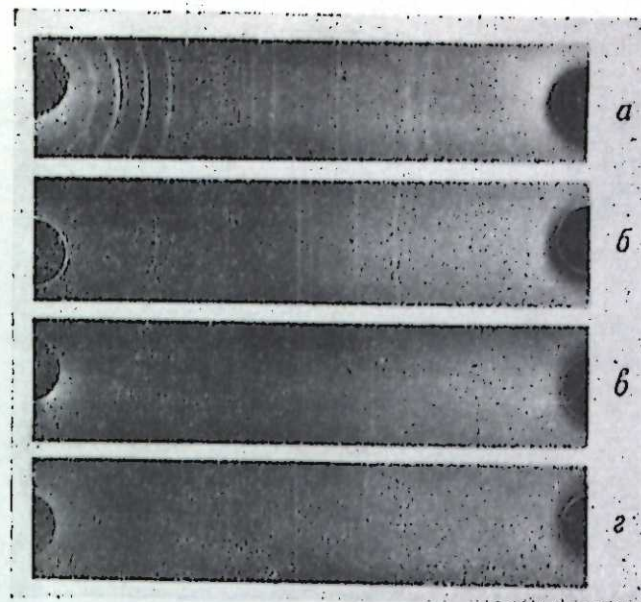


Рис. 2. Рентгенографическая картина последовательности образования окисных фаз ванадия в процессе восстановления водородом.

а — исходный V_2O_5 (ромбическая решетка), б — V_2O_4 — фаза (моноклинная решетка), температура 600°, в — V_2O_4 , VO_2 , V_2O_5 — фазы, температура 800°, г — ромбическая фаза V_2O_5 и незначительное количество моноклинной VO_2 — фазы, температура 900°.

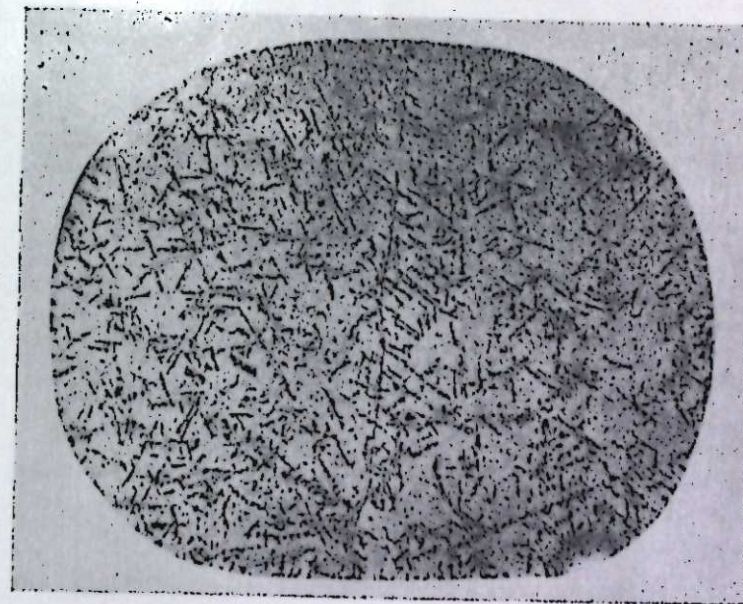


Рис. 3. Микроструктура ванадия, полученного в виде слитка. Травление смесью 25% HF, 25% HNO₃ и 50% глицерина. $\times 300$.



Рис. 4. Рентгенограмма шлака серакальцийтермического процесса. Видны линии CaO и CaS и незначительное количество фазы $Ca(OH)_2$. Линии других фаз (типа ванадатов) не обнаруживаются.

для объема 46 л. Результаты опытов по получению слитков металлического ванадия в том и другом аппарате приведены в табл. 3, при этом следует отметить, что с одним и тем же количественным составом шихт проведено 5—10 опытов с хорошей воспроизводимостью результатов. Изменением соотношения между компонентами шихт можно регулировать их термичность, а следовательно, и получение металлического ванадия в виде слитка или гранул.

Таблица 2

Влияние брикетирования и величины навески на выход металла

Навеска шихты, г			Избыток кальция к теорет. необх., %	Теорет. выход ванадия, г	Выход V без брикетирования		Выход V с брикетированием		Удельный тепловой эффект, ккал/г*
V ₂ O ₅	S	Ca			г	%	г	%	
10	3,2	19	158,3	6,5	4,84	74,5	5,74	88,4	678
15	4,8	28,5	158,3	9,75	7,44	76,3	8,69	89,1	678
30	9,6	57	158,3	19,5	15,62	80,1	17,74	91,0	678
30	9,6	60	166,6	19,5	—	—	18,00	92,3	660

* Удельный тепловой эффект вычислялся по формуле:

$$T = \frac{Q_1 + Q_2}{n_1 + n_2 + \frac{16n_1 + 25n_2}{20} n}$$

где Q_1 — тепло реакции восстановления $V_2O_3(2/3 V_2O_3 + 2Ca = 2CaO + 4/3 V + 104,2 \text{ ккал/моль } O_2)$,

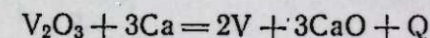
Q_2 — тепло реакции взаимодействия серы с кальцием,

n_1 — число г окислов ванадия,

n_2 — число г серы,

n — коэффициент избытка кальция $\left(\frac{\%}{100} \right)$.

Из данных, приведенных в табл. 2 и 3, видно, что получение ванадия в виде слитка при процессе восстановления обеспечивается удельным тепловым эффектом и полнотой течения реакции взаимодействия:



при введении в шихту избытка кальция в 60% от теоретически необходимого количества и серы из расчета 1,5 моля на моль V_2O_3 .

Из табл. 3 также видно, что с увеличением шихты образующиеся в процессе восстановления продукты в большей степени аккумулируют тепло и более продолжительное время находятся в расплавленном состоянии, что способствует увеличению общего выхода ванадия и большому переходу его в слиток. Полученные слитки по форме соответствуют конусу водоохлаждаемой изложницы, которая в одном случае представляет конус, в другом — усеченный конус.

Макрошлифы, сделанные на разрезах опытных слитков, протравленные смесью из 25% плавиковой кислоты, 25% азотной кислоты и 50% глицерина, показали, что полученные слитки имеют несколько необычное строение; отсутствуют характерные для обычного слитка кристаллизационные зоны и усадочная раковина. Это объясняется тем, что в данном случае окончательно затвердевающий объем металла собирается в результате стекания в изложницу отдельных капель и струй расплавленного металла из реакционной зоны.

Данные табл. 3 показывают, что в полученных слитках сумма металлического ванадия и остальных анализированных примесей не равна 100%. Очевидно, в них содержится кислорода больше 0,1% в форме шлаковых включений, состоящих в основном из CaO. Кроме того, возможно присутствие интерметаллических образований V—Mo, Mo—S, которые получают в момент вытекания расплавленных продуктов восстановления из молибденового реактора в водоохлаждаемую изложницу. Микроструктура такого слитка ванадия представлена на рис. 3. Твердость его 20—25 единиц по шкале «С» Роквелла. После отжига при температуре 1100—1200°C в вакууме 10^{-3} мм рт. ст. твердость слитка составляет 200—260 Н_н.

Таблица 3

Результаты исследования процесса восстановления ванадия из V₂O₅ кальцием

Наименование	Типовые опыты	
	1	2
Состав шихты		
Трехокись ванадия, г	500	1000
Стружка метал. кальция, г	925	1900
Порошкообразная сера, г	150	300
Получено		
Выход металла, г	280	608
Состав слитка, %*:	98,70	93,57
V	0,12	0,12
Fe	0,10	0,10
Ti	0,25	0,42
Ca	0,036	0,039
N ₂	0,056	0,018
S	0,005	0,005
H ₂	48,27	48,31
Состав шлака, %:	8,43	9,06
Ca	3,38	1,03
S	3,30	3,12
V	80,6	85,1
Расход кальция на 1 г	84,7	92,5
Переход ванадия в слиток, %	~2400	~2500
Степень восстановления, %	8,0	12,0
Температура процесса, °C	240	210
Давление, атм		
Твердость металла, Н _н		

* Спектральный и химический анализы продуктов выполнялись в аналитической лаборатории Института металлургии УФАИ СССР.

Следует отметить, что фактическое содержание сульфида кальция в шлаках серакальцийтермического процесса не превышает 20% вместо 35% по расчету. Это значительное несоответствие объясняется тем, что сульфид кальция (по нашим данным) имеет температуру возгонки менее высокую, чем температура плавления сульфида кальция (~2400°C).

Кристаллооптический анализ показывает, что шлак этого процесса в основном состоит из 2 видов изотропных кристаллов, соответствующих фазам CaO и CaS. Рентгенографические исследования также указывают на двухфазность полученного при этом процессе шлака.

Так, на рентгенограмме (рис. 4) обнаруживается преобладающая фаза CaO ($a=4,798 \text{ кх}$) и значительно меньшее количество CaS ($a=5,679 \text{ кх}$), периоды решеток которых хорошо согласуются с данными [7].

Выводы

Предложена технология получения металлического ванадия в виде слитка. Однако полученный слиток металлического ванадия состава V—98,7%, O₂ < 0,21%, N₂ < 0,035%, S < 0,05% обладает несколько повышенной твердостью. Для получения слитков пластического ванадия, пригодных для изделий холодного проката, требуется дальнейшее исследование предложенной технологии и, по-видимому, применение рафинирующих добавок.

Уральский филиал АН СССР,
Свердловск

Поступила в редакцию
25/V. 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. У. Ростокер, Металлургия ванадия. Под ред. Е. М. Савицкого, ИЛ, М., 1959.
2. А. Ю. Поляков, Основы металлургии ванадия. Металлургиздат, М., 1959.
3. R. Mc Kechnie, A. U. Seybolt, Preparation of ductile Vanadium by calcium Reduction, J. Electrochem. Soc., 97, 311, 1950.
4. H. A. Wilhelm, I. R. Long. Am. pat. 2700606, 1955.
5. О. Кубашевский, Э. Эванс, Термохимия в металлургии. Под ред. А. Ф. Капустинского, ИЛ, М., 1954.
6. W. J. Mc Creary, High-purity calcium J. of Metals, 10, 9, 615, 1958.
7. O. I. Günter, A. Faessler, Präzisionsbestimmung der Gitterkonstanten der Erdalkalisulfide MgS, CaS, SrS и BaS. L. krist., Bd. 107, 357, 1956.

М. Ф. ШОСТАКОВСКИЙ,
Г. Г. СКВОРЦОВА, М. Я. САМОЙЛОВА, К. В. ЗАПУННАЯ

ВИНИЛОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Сообщение 2

СОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ВИНИЛОВЫХ ЭФИРОВ КРЕЗОЛЬНОЙ ФРАКЦИИ СМОЛЫ ПОЛУКОКСОВАНИЯ С АКРОЛЕНОМ В ПРИСУТСТВИИ ИОННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Реакция полимеризации гомологов винилфенилового эфира пока еще мало исследована. Это объясняется отчасти тем, что подобные мономеры до последнего времени были трудно доступны. Теперь же разработан полужаводской способ получения винилариловых эфиров из фенолов смолы полукоксования черемховских углей методом Фаворского — Шостаковского, который дает возможность исследователям работать с новым реакционноспособным химическим сырьем. В литературе имеются некоторые сведения о получении полимеров из винилфенилового, винилнафтиловых эфиров и из винилового эфира п-третично-бутилфенола в присутствии радикальных и ионных активаторов. Так И. П. Лосев, М. Ф. Шостаковский и А. В. Богданова в своих работах показали, что винилариловые эфиры полимеризуются по ионному механизму с эфиром BF_3 , FeCl_3 , AlCl_3 [1—4]. Японские авторы [5 и др.] недавно использовали для катионной полимеризации винилфенилового эфира хлористое олово [5].

По патентным данным, известно, что сам акролеин может образовывать в присутствии ионных катализаторов BF_3 , SnCl_4 , AlCl_3 , AlBr_3 [6] очень твердые нерастворимые полимеры. Сообщений о реакции совместной полимеризации виниловых эфиров ароматического ряда с акролеином в литературе нет. Имеются только работы по изучению процесса сополимеризации простых виниловых эфиров с акриловыми кислотами и их эфирами [7], из которых следует, что состав указанных сополимеров зависит от концентрации винилфенилового эфира в реакционной среде. Если в среде имеется избыток винилфенилового эфира, то реакция сополимеризации тормозится. В результате этой реакции образуются низкомолекулярные полимеры, понижается вязкость сополимеров, одновременно идет качественное изменение цепи сополимера за счет повышения числа звеньев винилфенилового эфира.

Настоящая работа посвящается предварительным опытам по изучению возможности сополимеризации виниловых эфиров крезольной фракции с акролеином. В первых исследованиях мы сделали попытку выяснить влияние соотношения взятых мономеров на их способность полимеризоваться друг с другом в присутствии ионных катализаторов.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Исходные мономеры. Винилкрезиловые эфиры были получены из фенолов крезольной фракции среднетемпературной смолы полукоксования черемховских углей. Винилирование проводилось во вращаю-

щемся двухлитровом автоклаве в присутствии едкого калия при 200° . Полученные винилкрезиловые эфиры обрабатывались раствором щелочи, сушились карбонатом калия и очищались многократной разгонкой в вакууме 20—50 мм рт. ст. Температура кипения эфиров при 720 мм 153—210°, n_D^{20} 1,5180. Примерный состав виниловых эфиров крезольной фракции смолы полукоксования черемховских углей следующий: винилфениловый — 9,5%, виниловые эфиры крезолов — 39,8%, этилфенолов — 15,1%, остальные — 35,6%. Составляют виниловые эфиры ксиленолов и более сложных алкилфенолов.

Акролеин применялся свежеперегнанный с т. кип. $51,5\text{—}52^\circ$.
Сополимеризация. Реакция полимеризации винилкрезиловых эфиров с акролеином проводилась в пробирках при комнатной температуре. В качестве катализаторов применялись эфират трехфтористого бора, хлорное железо и хлористое олово. Сухие соли SnCl_2 и FeCl_3 вызвали разогревание, быстрое потемнение и загустевание реакционной смеси. Поэтому в последующих опытах катализаторы брались в виде растворов. Хлориды олова и железа по 15—20 мг растворяли в 1 мл этилового эфира. Эфират BF_3 в количестве 2—3 капель (14—18 мг) также предварительно разбавляли эфиром.

При смешивании мономеров, винилкрезиловые эфиры и акролеин приобретали молочно-белую окраску. После добавления катализатора реакционная смесь постепенно становилась прозрачной. В опытах, поставленных с эфиратом BF_3 , на вторые сутки произошли заметные изменения: в жидкости появились блестящие игольчатые и чешуйчатые кристаллы или мелкие белые хлопья, которые исчезли на третьи сутки, и полимеризат превратился в однородную прозрачную массу.

Через сутки смесь мономеров с хлористым оловом оставалась в виде мутной жидкости. В опыте, где был взят избыток акролеина, выпал осадок. Сополимеризаты с хлорным железом представляли собой подвижные светло-желтые жидкости. Результаты визуальных наблюдений за состоянием сополимеризатов через тридцать суток представлены в табл. 1. Как видно из таблицы, независимо от природы катализатора, из всех образцов сополимеризатов наиболее вязкие, со временем затвердевшие продукты были получены в опытах, где соотношение акролеина к винилкрезиловым эфирам равно 75 : 25 мол. %. Мономеры, взятые в других соотношениях, образовали густые клейкие жидкости, вытягивающиеся в длинные тонкие нити. Акролеин в присутствии эфирата BF_3 , SnCl_2 , FeCl_3 превращался в твердую, ни в чем не растворимую массу. Винилкрезиловые эфиры в указанных условиях образовывали вязкую жидкость темно-фиолетового или черного цвета, не затвердевавшую даже через год.

Изменение условий реакции повышением температуры до $30\text{—}40^\circ$ не вызывало ускорения процесса сополимеризации. Наоборот, в этом случае продукты реакции получались жидкие.

Вязкость. Для продуктов сополимеризации винилкрезиловых эфиров с акролеином вязкость определялась в 1% растворах ацетона при 20° в вискозиметре Оствальда с диаметром капилляра 0,6 мм. Время истечения чистого ацетона 41,9 сек., а исследуемых растворов — 42—44 сек. Результаты измерения удельной, относительной и приведенной вязкостей представлены в табл. 2 и на рис. 1.

Как видно из табл. 1 и 2, наиболее вязкие и менее окрашенные продукты получены с хлористым оловом. Кривые изменения вязкости наглядно показывают влияние соотношения мономеров на процесс сополимеризации. Характер кривых независимо от выбора катализатора

Таблица 1

Сополимеризация винилкрезиловых эфиров и акролеина в присутствии ионных катализаторов

Эфир, мол. %	Акролеин, %	Внешние изменения полимеризата в течение 3 и 30 суток					
		BF ₃		FeCl ₃		SnCl ₂	
		3	30	3	30	3	30
100 2,00	0 0,0	жидкость вязкая темно-зеленая	густая смола темно-зеленая	жидкость вязкая коричневатая	смола вязкая темно-фиолетовая	жидкость, игольчатые кристаллы	жидкость густая прозрачная
75 1,74	25 0,26	смола вязкая темно-коричневая	густая смола клейкая	жидкость подвижная прозрачная	жидкость светло-желтая	глицирино-подобная масса	вязкая жидкость желтоватая
50 1,41	50 0,59	смола вязкая коричневая				жидкость прозрачная желтая	густая смола, тянется в нити
25 0,89	75 1,11	смола коричневая, вытягивается в нити	твердая стекловидная масса коричневая	вязкая прозрачная бальзамоподобная масса	твердая масса светло-желтая	неподвижная вязкая желтая смола	твердая стеклообразная масса светло-желтая
0 0,0	100 2,00	жидкость с белыми хлопьями	твердая стекловидная масса желтая	в жидкости выпал осадок	твердая оранжевая смола	стеклообразная зеленоватая масса	твердая светло-зеленая смола

Таблица 2

Характеристика продуктов сополимеризации винилкрезиловых эфиров с акролеином, полученных в присутствии ионных катализаторов

катализатор	Условия полимеризации		Характеристика сополимеризата				
	взято, мол. %		температура плавления, °С	вязкость			
	эфир	акролеин		время, сек.	относит.	удельн.	привед.
эфират BF ₃	100	0	59—60	42,3	1,009	0,009	0,9
	75	25					
	50	50					
	25	75					
	0	100					
FeCl ₃	100	0	жидкие 49—51	42,2	1,007	0,007	0,7
	75	25					
	50	50					
	25	75					
	0	100					
SnCl ₂	100	0	121	42,8	1,021	0,021	2,1
	75	25					
	50	50					
	25	75					
	0	100					

(эфират BF₃, FeCl₃ или SnCl₂) в основном сохраняется одинаковым. Максимумы кривых вязкости сдвигаются в область высоких концентраций акролеина. Следовательно, избыток акролеина в реакционной среде спо-

собствует образованию высокомолекулярных соединений. Преобладание в смеси винилкрезиловых эфиров приводит к образованию жидких низкомолекулярных полимеров.

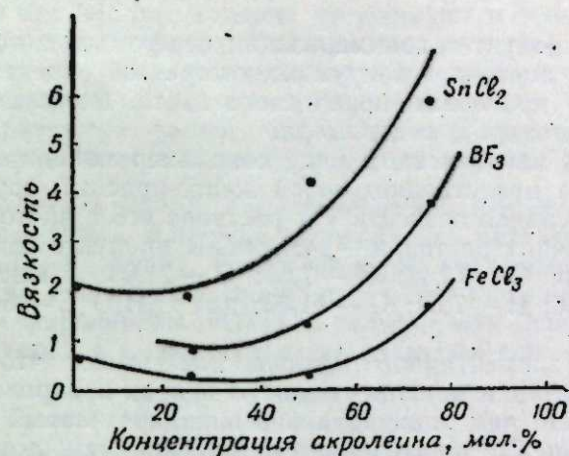


Рис. 1. Зависимость вязкости сополимеризата винилкрезиловых эфиров и акролеина от концентрации акролеина в реакционной смеси.

Твердые сополимеризаты, не очищенные от мономеров, в измельченном состоянии представляли собой желтоватые порошки с температурой плавления 49—60°.

Растворимость их приведена в табл. 3.

Таблица 3

Растворимость сополимеризатов винилкрезиловых эфиров — акролеин (соотношение, мол. % 25 : 75)

Растворитель	BF ₃	FeCl ₃	SnCl ₂
Ацетон	++	++	++
Бензол	+	+	+
Этиловый спирт	—	—	—
Этиловый эфир	+	+	+
Хлороформ	++	+	+
Четыреххлористый углерод	—	—	—
Вода	---	---	---
Метиловый спирт	—	—	—

Примечание: + растворяется, ++ хорошо растворяется, — не растворяется.

Исследование продукта сополимеризации винилкрезиловых эфиров с акролеином, полученного при соотношении мономеров 25:75 мол. %

Получение. В четырехгорлую колбу, снабженную масляным затвором с механической мешалкой, термометром и обратным холодильником, помещали 4,6 мл (4,4 г) винилкрезиловых эфиров и 6,6 мл (5,6 г) акролеина. Затем при комнатной температуре вносили 3 капли эфирата BF₃, растворенные в этиловом эфире. Через три часа смесь сильно разогрелась, побурела. В точке полимеризации произошел скачок температуры до 150°. После охлаждения реакционного сосуда льдом продукт

реакции превратился в густую массу, которая затвердела через 48 час. При нагревании на водяной бане до 45° полимеризат сильно размягчился. Охлаждаясь, он превращался в хрупкую смолу с сильным запахом акролеина.

Очищался продукт сополимеризации перегонкой с водяным паром. После сушки от ацетона в вакуумэксикаторе он превращался в прозрачную пленку красновато-коричневого цвета. Всего получено 8,24 г (82% от веса мономеров) сополимера.

Свойства. В измельченном виде сополимер винилкрезиловых эфиров и акролеина представляет собой желто-красный порошок с т. пл. 92—93°, относительная вязкость 1% раствора его в ацетоне — 1,071 при 20°, время истечения раствора — 44,9 сек. В продукте сополимеризации найдено, %: для С — 71,41; Н — 7,56; О — 21,03. Вычислено, %: для $C_9H_{10}O$ С — 80,56; Н — 7,51; О — 11,93; для C_3H_4O С — 64,27; Н — 7,19; О — 28,54.

Результаты элементарного анализа показывают, что твердый продукт сополимеризации винилкрезиловых эфиров и акролеина содержит кислорода больше, чем индивидуально винилкрезиловый эфир, и меньше, чем акролеин. Следовательно, в построении макромолекулы принимали участие как виниловые эфиры, так и акролеин. При этом молекул акролеина в сополимер вошло больше, чем молекул винилариловых эфиров. Молекулярный вес методом криоскопии определить не удалось ввиду неполной растворимости продукта сополимеризации в бензоле.

Спектры поглощения в ультрафиолетовой области

Поглощение ультрафиолетового света было изучено с помощью СФ-4 в пределах 260—320 м μ . Сополимер винилкрезиловых эфиров и

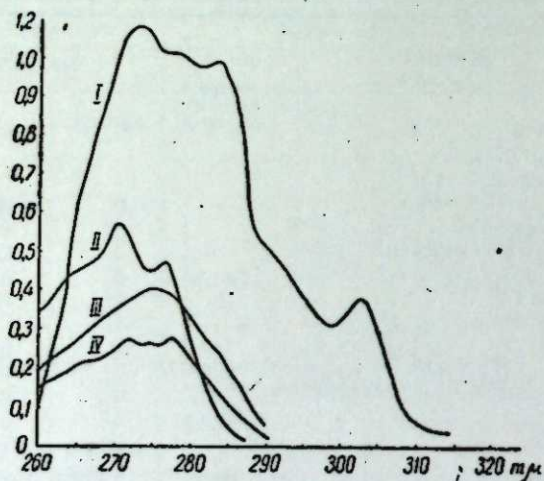


Рис. 2. Кривые поглощения в ультрафиолетовой области.

I — сополимер винилкрезиловых эфиров и акролеина, II — виниловый эфир о-крезола, III — виниловый эфир п-крезола, IV — виниловый эфир м-крезола.

акролеина снимался в растворе хлороформа, виниловые эфиры крезоло — в изооктане. Кривые поглощения представлены на рис. 2.

В спектрах (I) и (II—IV) имеются три максимума 272, 274, 276—277 м μ большой интенсивности, что указывает на их сходное строение.

В сравнении с соответствующими спектрами винилариловых эфиров спектр сополимера винилкрезиловых эфиров с акролеином сложнее. В нем присутствуют максимум в области 284, 302 м μ , минимум — 298 м μ , изгиб кривой при 288 м μ , которые отсутствуют в спектрах низших изомеров винилариловых эфиров. По-видимому, характер кривой в длинноволновой части от 280 м μ и дальше объясняется присутствием акролеина в макромолекуле.

По литературным данным [8], максимум поглощения при 302—303 м μ имеют конденсированные и ряда бифенила углеводороды, содержащие кетонную группу $>C=O$, например дифенилбензофенон, бензантрон, производные флуорена, а также ароматические соединения, имеющие С—О—С группу. Таким образом, исследование ультрафиолетового спектра поглощения продукта сополимеризации винилкрезиловых эфиров с акролеином показало наличие как ароматических колец, так и кетогруппы, что свидетельствует о взаимодействии исходных мономеров.

Реакция с фуксинсернистой кислотой

Наличие непрореагировавших альдегидных групп в полимерах акролеина определяется при помощи чувствительной качественной реакции с фуксинсернистой кислотой [9—11]. При взаимодействии полученного нами сополимера винилкрезиловых эфиров с акролеином характерной темно-синей или фиолетовой окраски не обнаружено. Раствор оставался, как и в слепом опыте, светло-розовым, что указывает на отсутствие альдегидных групп. Можно предположить, что вследствие высокой реакционной способности акролеина наряду с процессами сополимеризации идут некоторые побочные реакции. Вероятно, часть альдегидных групп принимает участие в образовании поперечных связей между макромолекулами, превращаясь в кетогруппу или группу С—О—С.

Выводы

1. Показано, что виниловые эфиры крезольной фракции смолы полукочкования могут полимеризоваться совместно с акролеином в присутствии чистых катализаторов эфирата BF_3 , $FeCl_3$, $SnCl_2$, образуя вязкие, клейкие и твердые продукты, хорошо растворимые в ацетоне, труднее в бензоле, не растворимые в этиловом спирте и воде.

2. Установлено, что повышение концентрации акролеина в реакционной смеси вызывает увеличение вязкости сополимеризата. Избыток винилариловых эфиров способствует образованию низкомолекулярных продуктов.

3. Получен образец сополимера винилкрезиловых эфиров с акролеином в присутствии эфирата трехфтористого бора с выходом 83%. Изучен его ультрафиолетовый спектр поглощения. Химическим путем (реакция с фуксинсернистой кислотой) показано отсутствие свободных альдегидных групп в сополимере.

Институт химии
Восточно-Сибирского филиала
Сибирского отделения АН СССР,
Иркутск

Поступила в редакцию
26/V 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. И. П. Лосев, О. Я. Федотова, Е. Б. Тростянская, Полимеризация арилвиниловых эфиров. ЖОХ, 15, № 4—5, 353, (1954).
2. М. Ф. Шостаковский, А. В. Богданова, Исследование в области превращений виниларилловых эфиров. Сообщение I. Ионная полимеризация виниларилловых эфиров. Изв. АН СССР, отд. хим. наук, № 5, 911 (1954).
3. М. Ф. Шостаковский, А. В. Богданова, Исследование в области виниларилловых эфиров. III. Сополимеризация виниларилловых и винилалкиловых эфиров под влиянием ионных катализаторов. ЖОХ, 25, № 8, 1550, (1955).
4. А. В. Богданова, М. Ф. Шостаковский, Г. К. Красильникова, Исследование в области виниларилловых эфиров. Сообщение 7. Ионная и радикальная полимеризация и сополимеризация простых виниловых эфиров циклогексанола, β -декалола и β -нафтола. Изв. АН СССР, отд. хим. наук, № 8, 990 (1958).
5. Окамура, Хигасимура, Фудзиси, Катионная полимеризация винилфенилового эфира. I. Реакционная способность винилфенилового эфира. II. Характеристика катионной полимеризации катализированной четыреххлористым оловом. Кобунси Kagaku (японск.). РЖХ, 10, 37471 (1959).
6. R. C. Schulz, Polymere Acroleine. I. Mitt. Untersuchungen über die Polymerisation des Acroleins. Die Makromolekulare Chemie, XVII, 1 (1955).
7. М. Ф. Шостаковский и А. М. Хомутов, Исследование в области химических превращений непредельных и высокомолекулярных соединений. Сообщение 3. Соплимеризация метакриловой кислоты и ее метилового эфира с винилфениловым эфиром. Изв. АН СССР, № 5, 924 (1954).
8. R. A. Friedel, M. Orchin, Ultraviolet spectra of Aromatic Compounds, N. J. 1951.
9. R. C. Schulz. Neue Reaktion der Polyacroleine. Kunststoffe—Plastics, 6, 1, 32, (1959).
10. Шульц, Лейфлюнд, Реакция полиакролена с другими природными и синтетическими полимерами. Химия и технология полимеров, ИЛ, М., I, 117 (1960).
11. Henglein, W. Schnabel und R. C. Schulz, Die Polymerisation und Pfropf—Misch polymerisation des Acroleins unter dem Einfluß von Co—60—Gammastrahlen. Polymere Acroleine. 14, Mitteilung. Die Makromolekulare Chemie, XXXI, 2/3, 181 (1959).

Л. Б. ФИШЕР,
М. П. ТЕРПУГОВА, И. Л. КОТЛЯРЕВСКИЙ

ДЕГИДРИРОВАНИЕ ДИЗАМЕЩЕННЫХ БУТАНОВ. ДЕГИДРИРОВАНИЕ 2,3-ДИМЕТИЛБУТАНА И 2,3-ДИМЕТИЛ- БУТЕНОВ В ПРИСУТСТВИИ РАЗБАВИТЕЛЕЙ

Как было показано ранее, при дегидрировании 2,3-диметилбутана на алюмохромовых катализаторах в продуктах реакции, кроме 2,3-диметилбутенов-1 и -2, содержится до 8% 2,3-диметилбутадиена-1,3 [1—3]. После опубликования наших работ появились статьи, в которых описано дегидрирование индивидуальных 2,3-диметилбутена-2 и 2,3-диметилбутена-1 [4, 5]. Очевидно, что для получения 2,3-диметилбутадиена-1,3 не могут быть использованы труднодоступные индивидуальные олефины, с этой целью может применяться лишь их смесь с 2,3-диметилбутаном, получающаяся в первой стадии дегидрирования [2—3]. Поэтому мы поставили цель найти условия образования максимального количества диена при дегидрировании как 2,3-диметилбутана, так и его смесей с указанными выше олефинами. Для этого нами изучено поведение 2,3-диметилбутана и его смесей с 2,3-диметилбутенами при разбавлении их азотом, водородом и водяным паром в условиях, применявшихся ранее при синтезе дивинила и изопрена [6—11].

Для выбора газа-разбавителя проведено дегидрирование на катализаторе К-5 2,3-диметилбутана при разбавлении его азотом и водородом.

Оказалось, что лучшие результаты (максимальный выход непредельных углеводородов) получаются при разбавлении водородом, который и применялся в дальнейшем.

Поскольку в результате первой стадии дегидрирования 2,3-диметилбутана получается катализат, содержащий после отделения диенов 40—50% непредельных (равных количеств 2,3-диметилбутена-1 и -2) [1, 2], нами для дегидрирования с разбавителями искусственно составлялись именно такие смеси.

Получены следующие результаты: при дегидрировании 2,3-диметилбутана со смесью равных количеств обоих олефинов (общее содержание олефинов в исходной смеси 51,2%) выход катализата составляет 64%, содержание ненасыщенных углеводородов в нем — 72,7%, а диенов — 19%.

Дегидрированием смеси 2,3-диметилбутана с 2,3-диметилбутеном-1 (54,5% последнего) получен катализат с выходом 65%, содержание ненасыщенных углеводородов в катализате достигает 78,3%, а диеновых углеводородов — 20,5%. При проведении этой же реакции со смесью 2,3-диметилбутана и 2,3-диметилбутена-2 (53,9%) выход катализата составляет 69,3%, содержание ненасыщенных углеводородов в катализате — 75,4% и диеновых углеводородов — 20,1%.

Таким образом, реакция дегидрирования 2,3-диметилбутана в смеси с каждым олефином в отдельности и со смесью обоих олефинов дает

катализат; в котором содержание олефинов и диенов не зависит от того, какой из 2,3-диметилбутенов находится в исходной смеси, причем катализат по сравнению с исходной смесью обогащается олефинами, а выход диенов составляет 12—14%.

При увеличении содержания 2,3-диметилбутена-2 в исходной смеси с 2,3-диметилбутаном содержание диенов в продуктах дегидрирования увеличивается и на чистом 2,3-диметилбутене-2 достигает 19% на исходный олефин.

Этот результат хорошо согласуется с данными И. Н. Назарова и сотрудников [4], которые, дегидрируя этот же углеводород на катализаторах второй стадии при разбавлении водяным паром, получили диены с выходом 20—23%.

Для сравнения на катализаторе К-16 проведено дегидрирование смеси 2,3-диметилбутана с 2,3-диметилбутенами (содержание непредельных 40%) при разбавлении ее водяным паром (1 : 8 по объему). В этом случае в катализате в зависимости от условий содержится до 16,3% диенов. Выход диенов 12—12,2%. На основании всего изложенного наиболее целесообразным для получения 2,3-диметилбутадиена-1,3 мы считаем одностадийный процесс [12] с применением водорода в качестве газа-разбавителя.

Экспериментальная часть

Дегидрирование 2,3-диметилбутана проводилось на установке, описанной в предыдущих работах [1, 2]. Исходное вещество разбавлялось газом в отношении 1 : 4 по объему. Анализ катализата проводился по ранее описанным методикам [1, 2].

Сравнительные данные по дегидрированию 2,3-диметилбутана при разбавлении азотом и водородом приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия проведения опытов				Характеристика катализата				Выход непредельных на сырье, вес. %
температура, °С	объемная скорость, л/кат/час	выход катализата, %	газ-разбавитель	n_D^{20}	водное число	непредельные углеводороды, вес. %	диеновые углеводороды, вес. %	
600	1	69	Азот	1,3840	139	46	—	31,7
600	2	70,2	.	1,3825	125	41,3	—	28,9
630	2	64,4	.	1,3828	124	41,3	—	26,6
630	1	55,3	Водород	1,3918	201	66,4	—	36,7
600	2	77,3	.	1,3892	153	50,6	—	39,1
630	2	63,5	.	1,3890	186	61,5	16,1	39,1

Исходные продукты, используемые для изучения дегидрирования смесей 2,3-диметилбутана с соответствующими бутенами, были выделены из катализата, полученного дегидрированием 2,3-диметилбутана на катализаторе К-5 в оптимальных условиях [2]. Для удаления диеновых углеводородов катализат обрабатывался малеиновым ангидридом. Дегидрирование проведено при 630°, объемной скорости 2 и разбавлении водородом 1 : 4 по объему над катализатором К-5. Результаты дегидрирования смесей, содержащих различные количества 2,3-диметилбутана и 2,3-диметилбутена-1, приведены в табл. 2.

Данные по дегидрированию 2,3-диметилбутена-2 и смеси его с 2,3-диметилбутаном сведены в табл. 3.

Дегидрирование в тех же условиях смеси 2,3-диметилбутана с

Таблица 2

Исходный продукт				Выход катализата, %	Характеристика катализата			
состав углеводородов, вес. %		n_D^{20}	водное число		n_D^{20}	водное число	непредельные углеводороды, вес. %	диеновые углеводороды, вес. %
2,3-диметилбутан	2,3-диметилбутен-1							
100	—	1,3750	—	63,5	1,3890	186	61,5	16,1
90,1	9,9	1,3759	30	63,6	1,3905	194	64,2	15,7
82,9	17,1	1,3778	52	64,9	1,3918	207	68,4	15,2
72,6	27,4	1,3792	83	62,2	1,3944	203	68,5	15,7
61,7	38,3	1,3806	116	65,1	1,3915	223	73,5	18,5
45,5	54,5	1,3822	164	65,0	1,3952	237	78,3	20,5

Таблица 3

Исходный продукт				Выход катализата, %	Характеристика катализата			
состав углеводородов, вес. %		водное число	n_D^{20}		n_D^{20}	водное число	непредельные углеводороды, вес. %	диеновые углеводороды, вес. %
2,3-диметилбутен-2—53,9	2,3-диметилбутан—46,1	163	1,3991	69,3	1,4049	228	75,4	20,1
2,3-диметилбутен-2—82,3	2,3-диметилбутан—17,7	249	1,4154	73,6	1,4178	311	102,4	24,5
2,3-диметилбутен-2—100		294	1,4104	74,2	1,4146	304	100,5	25,5

Таблица 4

Исходный продукт				Выход катализата, %	Характеристика катализата			
состав углеводородов, вес. %		водное число	n_D^{20}		n_D^{20}	водное число	непредельные углеводороды, вес. %	диеновые углеводороды, вес. %
2,3 диметилбутен-2—14,5	2,3-диметилбутен-1—14,5	84	1,3851	62,9	1,3945	202	66,8	15,2
2,3-диметилбутан—71								
2,3-диметилбутен-2—20,3	2,3-диметилбутен-1—20,3	123	1,3871	65,5	1,3935	215	71,1	16,5
2,3-диметилбутан—59,4								
2,3-диметилбутен-2—25,6	2,3-диметилбутен-1—25,6	157	1,3934	64,0	1,4000	220	72,7	19
2,3-диметилбутан—48,8								

обоими олефинами (взятыми в равных количествах) дает повышение содержания непредельных и диенов в катализате при повышении содержания олефинов в исходной смеси (табл. 4).

Дегидрирование с применением водяного пара в качестве разбавителя было проведено в той же аппаратуре, к которой для подачи исходного продукта был пристроен шприцевой дозатор [13], а для подачи пара — дозатор, использовавшийся в предыдущих работах [1], и кварцевый испаритель, подогреваемый до 500° нихромовой спиралью. Для

дегидрирования была взята смесь, содержащая 40% непредельных. При объемной скорости 3 л/л и 630° выход катализатора составлял 75%, η_D^{20} 1,3942, йодное число 157, содержание непредельных — 51,9%, содержание диенов — 16,3%.

Выводы

Проведено исследование дегидрирования 2,3-диметилбутана и 2,3-диметилбутенов при разбавлении водородом на катализаторе К-5. Установлено, что в найденных оптимальных условиях идет одновременная реакция дегидрирования первой и второй стадии.

Восточно-Сибирский филиал
Сибирского отделения АН СССР,
Иркутск.

Поступила в редакцию
6/IV 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Б. Фишер, М. П. Терпугова, И. Л. Котляревский, Каталитическая дегидрогенизация 2, 3-диметилбутана. Изв. Вост. фил. АН СССР, № 9, 1957.
2. Л. Б. Фишер, М. П. Терпугова, И. Л. Котляревский, Дегидрирование диметилбутанов (изучение первой стадии дегидрирования). Изв. Вост. фил. АН СССР, № 9, 1958.
3. И. Л. Котляревский, Л. Б. Фишер, А. С. Занина, М. П. Терпугова, А. Н. Волков, М. С. Шварцберг, Синтез некоторых мономеров на алюмохромовых катализаторах. Изв. высш. уч. завед., Химия и химич. технол. т. II, вып. 4, стр. 608, 1959.
4. И. Н. Назаров, Л. Н. Иванова, Б. А. Руденко, Получение 2, 3-диметилбутана каталитическим путем. Докл. АН СССР, т. 118, вып. 3, стр. 509, 1958.
5. И. Н. Назаров, Л. Н. Иванова, Б. А. Руденко, Дегидрирование несимметричного метилпропилэтилена и его смесей с тетраметилэтиленом. Докл. АН СССР, т. 122, вып. 2, стр. 242, 1958.
6. Ю. Н. Усов, Е. В. Скворцова, Н. И. Кувшинова, Л. А. Еловатская. Каталитическое дегидрирование изопентенов в изопрен. ЖОХ, т. 27, вып. 10, стр. 2721, 1957.
7. Ю. Г. Мамадалиев, М. А. Далин, Г. И. Мамедов, Д. И. Саилов, Р. Р. Гусенинова, Каталитическое дегидрирование изопентановой фракции в присутствии разбавителя. Докл. АН Азерб. ССР, т. 13, вып. 12, стр. 1241, 1957.
8. Ю. Г. Мамадалиев, М. А. Далин, А. З. Шихмамедбекова, Д. И. Саилов, Каталитическое дегидрирование изопентанов в изопрен. Докл. АН Азерб. ССР, т. 12, вып. 8, стр. 547, 1956.
9. А. А. Баландин, О. К. Богданова, А. П. Щеглова, О свободной энергии адсорбционного вытеснения бутилена с водой с каталитической поверхности. Изв. АН СССР, ОХН, вып. 4, стр. 723, 1955.
10. И. Л. Фридштейн. Сб. химическая переработка нефтяных углеводородов. М., стр. 632, 1956.
11. Ю. А. Горин, А. А. Васильев, А. Н. Макашина, Разработка двухстадийного процесса получения изопрена из изопентана. Хим. пром., № 1, стр. 1, 1958.
12. И. Л. Фридштейн, О. Б. Литвин, Промышленные методы синтеза изопрена. Хим. наука и пром., т. 2, № 3, стр. 299, 1957.
13. В. В. Галкин, Микродозатор для подачи малых количеств жидкости в каталитические реакторы и печи. Хим. пром., № 5, стр. 301, 1955.

Р. Г. РОЗЕНТРЕТЕР,
Н. С. БЕРСЕНЕВА, А. А. ГОРЮНОВА

О СПЕКАНИИ АЛЮМОСИЛИКАТОВ С ИЗВЕСТНЯКОМ И ВОССТАНОВИТЕЛЕМ В ПОЛУЗАВОДСКОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

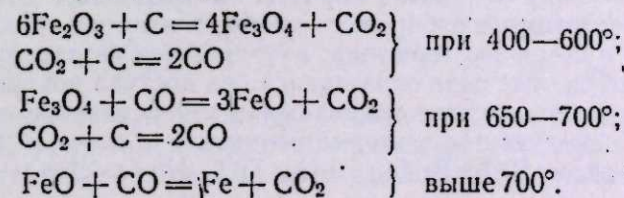
Применение восстановителя при спекании нефелинов, а также байеровских шламов с известняком и содой, как было показано ранее [1—3], имеет ряд преимуществ по сравнению с обычным спеканием алюмосиликатов без восстановителя. При спекании таких шихт наблюдается более широкий интервал температуры спекообразования, сокращается расход известняка и соды, имеется возможность более широкого использования сырья с высоким содержанием окислов железа. Химизм этого процесса не освещен в литературе, и о нем можно судить лишь по результатам исследований, имеющих косвенное отношение к нему.

При спекании алюмосиликатных шихт с восстановителем [4] при молекулярном отношении $\frac{Na_2O}{Al_2O_3} = 1,1$ и $\frac{CaO}{SiO_2} = 2,0$ получают спекы с высоким содержанием глинозема и щелочи, что дает основание считать алюминат натрия и двукальциевый силикат конечными продуктами, образующими эвтектику, как в случае спекания нефелиновых шихт [5].

Действие восстановителя направлено при этом прежде всего на восстановление находящихся в шихте окислов железа. Вследствие этого в пятикомпонентной системе $Na_2O - Al_2O_3 - CaO - SiO_2 - Fe_2O_3$, определяющей состав шихты, будут находиться продукты восстановления (FeO и Fe), поведение которых при спекании иное, чем Fe_2O_3 , так как закись железа, представляющая основной окисел, не образует ферритов натрия и кальция. Последнее является особенностью восстановительного спекания, поэтому при спекании шихты с восстановителем нет необходимости вводить соду или известняк для связывания окислов железа.

Предположение о том, что появление в шихте закиси железа вызовет условия для образования fayalита ($2FeO \cdot SiO_2$), образующего легкоплавкий железистый шлак, исключается, так как находящийся в шихте известняк имеет большее сродство к кремнезему, чем закись железа.

Процесс восстановления окислов железа хорошо изучен и освоен в промышленности черной металлургии. Механизм этого процесса, по представлениям акад. А. А. Байкова, состоит в том, что восстановление железа из руд действием твердого восстановителя рассматривается как совокупность двух реакций: 1) диссоциации окиси железа и 2) соединения выделившегося кислорода с восстановителем. Последнее может быть выражено следующими уравнениями:



Можно допустить, что при спекании глиноземных шихт с восстановителем этот процесс протекает по тем же стадиям, что и в железосодержащих рудах. Однако условия восстановления в доменных печах существенно отличаются от условий спекания глиноземных шихт во вращающейся печи, поэтому последние и являлись предметом специального исследования.

Для изучения процесса спекания алюмосиликатных шламовых шихт с восстановителем готовились шихты из байеровского шлама уральских бокситов, известняка, соды и угля при следующих молекулярных соотношениях: $\frac{Na_2O}{Al_2O_3} = 1,1$; $\frac{CaO}{SiO_2} = 2,0$; $\frac{C}{Fe_2O_3} = 1,5$:

Учитывая подсосы воздуха в печи, восстановитель применяли в избытке (в 3, 4 и 5 раз). В шихту, кроме того, вводили боксит (из расчета 25 кг на 100 кг шлама) для получения каустической щелочи, необходимой для восполнения потерь ее при осуществлении последовательного варианта технологической схемы байер-спекания.

В процессе спекания в определенных местах вращающейся печи отбирались пробы, которые подвергались полному химическому анализу и гидрохимической обработке. Химический состав исходных материалов и состав шихт представлены в табл. 1.

Таблица 1

Название пробы		Содержание, %							
		влага	п. п. п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	Na ₂ O
Байеровский шлам	проба 1	0,6	6,4	9,3	18,2	45,5	5,3	8,6	4,4
	проба 2	0,2	1,9	9,3	13,1	50,1	4,8	11,8	3,7
Боксит уральский		1,0	14,7	8,2	50,3	13,2	2,7	4,5	0,5
Известняк		0,2	42,7	2,0	0,8	0,2	—	51,7	—
Шихта с избытком восстановителя	3-кратн.	3,2	24,2	6,9	14,0	25,5	2,7	12,3	9,8
	4-кратн.	—	—	6,4	14,8	22,5	2,8	—	10,5
	5-кратн.	3,2	28,8	6,7	13,0	23,5	2,6	12,9	8,8
Зола угля		—	—	45,0	25,0	3,0	—	—	—
Уголь		влага — 2,9;		зола — 16,7;		углерод — 80,4			
Сода		Na ₂ O _{кауст} — 0,99		Na ₂ O _{карб} — 48,2					

Спекание проводилось на опытной установке Химико-металлургического института СО АН СССР в трубчатой вращающейся печи длиной 8 м с внутренним диаметром 0,56 м. Для изучения процесса спекания по длине печи в шести местах ее корпуса были сделаны специальные отверстия, через которые отбирались пробы, в этих же точках замерялась температура с помощью термопар, находящихся на расстоянии 1 м друг от друга. Отобранный спек охлаждался без доступа воздуха, измельчался (60 меш) и подвергался гидрохимической обработке в стандартных условиях с последующим химическим анализом спека и шлама, в которых определялись SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, Na₂O, ΣFeO + Fe, Fe.

Было проведено три опыта с различными шихтами, отличающимися содержанием восстановителя. Результаты анализа по спеканию шихты с 4-кратным избытком восстановителя приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ пробы	Место отбора пробы	Название пробы	Температура, °С	Содержание, %							Извлечение	
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	в том числе		Al ₂ O ₃	Na ₂ O
									ΣFeO + Fe	Fe		
1	Обрез печи	Спек	1060	9,7	22,0	3,8	13,5	32,1	93,1	4,7	81,0	87,0
		Шлам		12,7	6,0	5,5	2,4	46,1	—	—		
2	1,5 м	Спек	940	9,8	22,7	3,8	14,3	32,9	100,0	17,9	81,2	80,3
		Шлам		13,4	6,0	5,5	3,9	47,7	—	—		
3	2,5 м	Спек	970	9,0	20,9	3,8	13,9	29,9	100,0	19,1	70,4	82,3
		Шлам		12,1	8,8	4,3	3,4	42,5	—	—		
4	3,5 м	Спек	910	8,8	20,0	3,8	12,8	28,7	100,0	17,4	51,7	78,9
		Шлам		10,4	11,5	4,3	3,3	33,9	—	—		
5	4,5 м	Спек	770	7,6	17,8	3,2	11,5	25,3	38,0	1,6	30,2	76,9
		Шлам		8,4	14,1	3,6	3,0	29,9	—	—		
6	5,5 м	Спек	570	7,1	17,2	2,8	9,9	23,1	17,4	—	17,1	74,5
		Шлам		7,5	16,7	3,4	2,8	27,3	—	—		
7	6,5 м	Спек	310	6,5	15,9	2,8	9,6	21,7	5,5	—	9,1	80,1
		Шлам		7,6	16,9	3,1	2,3	26,5	—	—		
8		Шихта		6,5	15,2	2,8	10,2	22,3				73,1
9	Обрез	Спек	1090	10,5	21,9	3,6	12,9	31,3	50,3	4,7	74,2	88,3
		Шлам		12,4	6,9	4,9	1,8	40,5	—	—		
10	2,5 м	Спек	1020	11,0	22,3	3,8	14,1	32,9	100,0	16,8	82,2	86,7
		Шлам		14,9	5,4	5,5	2,5	45,3	—	—		
11	2,5 м	Спек	—	10,0	21,0	3,5	12,9	29,7	100,0	19,1	73,5	82,5
		Шлам		11,9	6,8	4,5	2,7	37,3	—	—		
12	3,5 м	Спек	820	8,6	19,2	3,1	11,6	25,7	93,0	19,4	52,2	78,2
		Шлам		9,6	10,4	3,5	2,8	29,7	—	—		

Как можно видеть, восстановление окислов железа и образование алюмината натрия начинаются при сравнительно низких температурах — до 770° (4,5 м от горячего обреза печи) и происходят в незначительной

степени. С повышением температуры процесс образования алюмината натрия постепенно и равномерно усиливается. При температуре 940—1020° (1,5 м от горячего обреза печи) извлекается максимальное количество глинозема (81—82%). При прохождении спека через горячий обрез печи извлечение глинозема в одном случае (проба 9) уменьшилось до 74,2%.

Восстановление окислов железа происходит энергично в интервале температур 770—910° на небольшом участке печи (от 4,5 до 3,5 м), где степень восстановления ($\text{FeO} + \text{Fe}$) достигает 100%. При дальнейшем повышении температуры по мере продвижения материала до первой термопары степень восстановления железа остается равной 100%. На обресе печи, где возможны подсосы воздуха, степень восстановления железа снижается в одном случае (проба 1) до 93, во втором случае (проба 9) — до 50%.

Определения металлического железа указывают на незначительное его количество, так, при 770° (в пробе 5) $\text{Fe} = 1,6\%$, с повышением температуры содержание Fe увеличивается до 19 (пробы 3 и 11), затем снижается до 17—18 (пробы 2 и 10) и на обресе печи равно 4,7%. Таким образом, восстановление окислов железа происходит главным образом до закиси железа.

Окисление железа в спеке (проба 9 с обреза) и одновременное снижение растворимого глинозема в этом же спеке, указывают на возможную связь этих характеристик спека, которую требуется проверить.

Полученные данные позволяют наглядно представить процесс спекания с восстановителем в условиях ползаводской вращающейся печи (рис.).

Результаты спекания шихты с меньшим (3-кратным) избытком восстановителя приведены в табл. 3.

Таблица 3

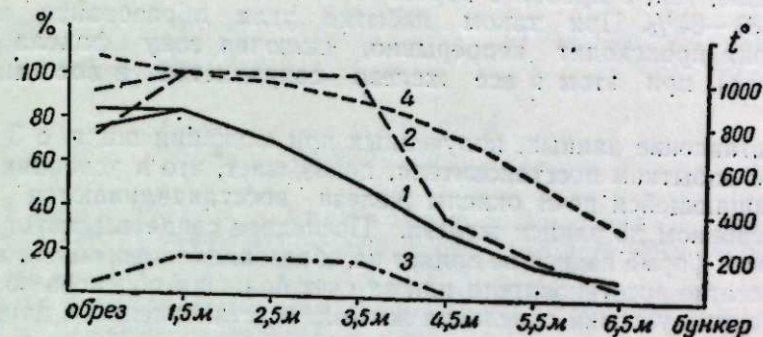
№ серии	Расстояние от горячего обреза печи						Горячий обрез		Бункер	
	2,5 м			1,5 м			Al_2O_3	$\Sigma \text{FeO} + \text{Fe}$	Al_2O_3	$\Sigma \text{FeO} + \text{Fe}$
	Al_2O_3	$\Sigma \text{FeO} + \text{Fe}$	t°	Al_2O_3	$\Sigma \text{FeO} + \text{Fe}$	t°				
I	83,1	95,8	840	90,1	82,0	1000	78,8	37,2	76,8	25,6
II	—	—	835	86,4	95,1	970	84,1	71,7	76,8	35,9
III	57,8	83,6	805	83,8	98,1	920	82,2	81,7	82,5	84,7
IV	75,7	95,6	820	90,1	96,6	940	76,1	67,6	80,9	63,8
среди.	72,2	91,6	825	87,6	92,9	960	80,3	64,5	79,2	52,4

В табл. 3 видно, что пробы, отобранные на расстоянии 2,5 м от горячего конца печи, характеризуются тем, что окислы железа в печи почти полностью восстановлены. Среднее значение для $\Sigma \text{FeO} + \text{Fe}$ равно 91,6%, а процесс образования алюмината натрия, как и в предыдущем опыте, еще не завершен — содержание растворимого глинозема в спеках составляет в среднем 72%. Это объясняется, очевидно, еще сравнительно низкой температурой спекания (825°).

В пробах спека, взятых на расстоянии 1,5 м при 960°, содержание растворимого глинозема имеет максимальное значение — в среднем 87,60; $\Sigma \text{FeO} + \text{Fe} \sim 93\%$. На обресе печи происходит окисление, степень восстановления в среднем равна 64% и содержание растворимого глинозема несколько меньше (80,3%).

Пробы, взятые из бункера, тоже указывают на окисление спека — здесь степень восстановления спека равна 52,4, а содержание растворимого Al_2O_3 — 79,2%.

Учитывая полученные результаты, мы провели опыт спекания шихты с пятикратным избытком угля ($\frac{\text{C}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 1,5 + 5$) для того, чтобы выявить возможности устранения окисления спеков.



Изменения, происходящие при нагревании шихты во вращающейся печи.

1 — образование алюмината натрия, 2 — восстановление окиси железа, 3 — металлическое железо, 4 — подъем температуры.

При этом были отобраны пробы на расстоянии 4,5; 3,5; 2,5; 1,5 м от горячего обреза и непосредственно с обреза печи, в которых определялось общее содержание глинозема, растворимый глинозем, общее количество железа, степень восстановления железа ($\Sigma \text{FeO} + \text{Fe}$) и металлическое железо. Результаты представлены в табл. 4. Кроме того, неоднократно отбирались пробы с обреза и на расстоянии 2,5 и 1,5 м от горячего конца печи (табл. 5).

Таблица 4

Место отбора проб	Температура, °C	Содержание, %			$\Sigma \text{FeO} + \text{Fe}$	Fe
		Al_2O_3	Al_2O_3 растворимого	Fe_2O_3		
Обрез печи	1020	19,6	89,8	35,5	100	15,7
Расстояние от горячего обреза печи	1,5 м	19,0	84,2	35,3	99,0	18,6
	2,5 м	18,0	79,4	32,7	97,0	24,4
	3,5 м	18,0	52,7	29,3	83,2	1,7
	4,5 м	650	13,4	20,1	25,5	0,7

Таблица 5

№ серии	Горячий обрез печи			1,5 м			2,5 м		
	температура	Al_2O_3 %	$\Sigma \text{FeO} + \text{Fe}$	температура	Al_2O_3 %	$\Sigma \text{FeO} + \text{Fe}$	температура	Al_2O_3 %	$\Sigma \text{FeO} + \text{Fe}$
I	980	86,7	98,2	1010	84,7	99,0	970	80,5	97,4
II	1000	86,2	100,0	990	83,1	100,0	920	68,8	97,1
III	1000	88,2	100,0	920	86,8	100,0	970	82,2	97,1
IV	1000	88,2	100,0	980	88,9	100,0	—	—	—
V	1010	89,2	100,0	920	75,8	98,5	—	—	—
VI	1020	90,3	100,0	990	82,0	100,0	—	—	—
VII	1060	79,6	100,0	970	80,5	100,0	—	—	—
VIII	1030	87,7	100,0	1030	84,2	100,0	—	—	—
среди.	1012	87,0	99,7	985	83,3	99,6	953	77,1	97,2

Как видно из табл. 4 и 5, при спекании шихты с большим избытком угля восстановление окислов железа происходит при тех же температурах, что и с меньшим количеством угля (700—900°), и также, в основном, до закиси железа. Содержание растворимого глинозема в этих спеках выше, так, в пробах с обреза — 87—90, на расстоянии 1,5 м от обреза — 83—84%. При таком избытке угля образование алюмината натрия происходит непрерывно, включая зону факела (пробы с обреза), при этом и все железо сохраняется в восстановленном виде.

Сопоставление данных, полученных при спекании шихт с 3-, 4- и 5-кратным избытком восстановителя, показывает, что в условиях 8-метровой вращающейся печи окислы железа восстанавливаются полностью, в основном до закиси железа. Последнее свидетельствует о том, что железо в форме закиси не влияет на образование алюмината натрия. При недостатке восстановителя или за счет больших подсосов воздуха в печь создаются условия окисления железа, восстановленного ранее. Это наблюдается как в тех случаях, когда пробы взяты с обреза печи, так и когда пробы взяты из бункера, причем во всех случаях содержание растворимого глинозема в спеках уменьшается. Причины, вызывающие такое изменение качества спека, являются предметом дальнейших исследований.

Большой избыток угля, вводимого в шихту, создает восстановительную атмосферу не только в печи в процессе спекания, но и при охлаждении спека в бункере; таким образом, получаются спекы высокого качества; имеющие устойчивый характер. Так, в процессе спекания шихты с 5-кратным избытком восстановителя нами в течение суток отбирались пробы, в которых содержание растворимого глинозема 88—89, щелочи — 88—89 и степень восстановления железа — 98—100%.

Таким образом, надо полагать, что при спекании глиноземсодержащих материалов с известняком, содой и восстановителем, даже при высоком содержании окислов железа, образуются алюминат натрия и двукальциевый силикат. Для шламовых шихт характерна сравнительно низкая температура спекания — 950—1050°. Последнее может быть объяснено физическим состоянием исходного шлама, являющегося тонкодисперсным, синтетическим материалом.

Выводы

При спекании байеровского шлама с известняком, содой и восстановителем в условиях полузаводской вращающейся печи установлено следующее:

1. Окислы железа полностью восстанавливаются в температурном интервале 700—900°, образуя в основном закись железа и частично металлическое железо.

2. При спекании шихты с молекулярным отношением $\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1,1$, $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = 2,0$, $\frac{\text{C}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 1,5$ плюс избыток угля с учетом подсосов воздуха получены спекы с высоким содержанием растворимого глинозема и щелочи (87—89%).

3. При малом избытке восстановителя в шихте и при наличии подсосов воздуха происходят окисление восстановленного железа и

одновременно уменьшение содержания растворимого глинозема в спеках.

4. При спекании с восстановителем может быть использовано глиноземное сырье с высоким содержанием окислов железа (45—50%).

Химико-металлургический институт
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Статья поступила в редакцию
25/III 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Г. Розентретер, А. А. Горюнова, Н. С. Берсенева, Получение окиси алюминия путем спекания байеровского шлама с восстановителем. Матер. Всес. совещ. по химии и технологии глинозема. Новосибирск, 1960.
2. В. А. Мазель, А. А. Елисеева, Разработка восстановительного способа получения окиси алюминия из щелочных алюмосиликатов. Матер. Всес. совещ. по химии и технологии глинозема. Новосибирск, 1960.
3. С. И. Хазанов, Роль восстановителя в процессах спекания алюминиевых и титановых руд. Изв. АН СССР, ОТН, № 10, 1957.
4. Р. Г. Розентретер, Н. С. Берсенева, А. А. Горюнова, Спекание байеровских шламов с известняком и восстановителем. Матер. Всес. совещ. по химии и технологии глинозема. Алма-Ата, 1959.
5. П. Д. Каценеленбоген, Н. К. Дружинина, М. С. Белецкий, О. И. Аракелян, А. И. Егорова, Изучение процесса спекания кольских нефелиновых концентратов. Сб. аннотаций научн.-иссл. работ 1950—1955 гг., ч. III, 1957.

М. А. МИХАЙЛОВ,
Т. И. ВЕДЕРНИКОВА, Е. П. ОЖИГОВ

ПИРОГИДРОЛИЗ КВАРЦ-КАРБОНАТНЫХ ДАТОЛИТОВЫХ РУД
В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Существующий способ переработки датолитовых руд [1, 2] характеризуется потерей около 15% B_2O_3 в процессе обогащения, большим расходом серной кислоты и сложностью технологической схемы переработки концентрата на борную кислоту.

Проведенные нами [3] исследования процессов пирогидролита минерала датолита показывают возможность высокого извлечения борного ангидрида. Реакция характеризуется большой продолжительностью и низкими концентрациями борной кислоты.

Практический интерес представляет изучение пирогидролита датолита в смеси с другими минералами с целью выявления возможности разработки нового метода получения борной кислоты из датолитовых руд или концентрата.

Нами исследовалась необогащенная кварц-карбонатная датолитовая руда следующего химического состава: B_2O_3 — 14,06%, CaO — 35,90%, SiO_2 — 36,22%, Fe_2O_3 — 0,53%, FeO — 1,15%, Al_2O_3 — 0,24%, MgO — 0,37%, MnO — 0,14%, CO_2 — 9,40%, п. п. п. — 11,79%. По данным химического анализа, рассчитан следующий минералогический состав руды: датолит — 64,60%, кальцит — 21,38%, кварц — 9,34%, геденбергит — 3,97%, гранат — 1,35%. В процессе дробления руды была отсеея фракция с размером зерен 0,1—0,25 мм. Химический анализ ее показал содержание B_2O_3 — 13,25%, что свидетельствует о некотором уменьшении датолита в крупных зернах за счет пониженной твердости его сравнительно с твердостью сопутствующих минералов.

Термографическое исследование датолита показало существование эндотермического эффекта с минимумом при $670^\circ C$, связанного с удалением воды. Дегидратированный минерал имеет состав: $2CaO \cdot B_2O_3 \cdot 2SiO_2$, поведение которого в опытах по пирогидролиту с той или иной степенью точности может быть определено по диаграмме состояния тройной системы $CaO - B_2O_3 - SiO_2$. С несколько меньшей точностью (за счет наличия таких сопутствующих минералов, как геденбергит и гранат) этот прием может быть применен к исследуемой руде.

На рис. 1 приведена диаграмма системы $CaO - B_2O_3 - SiO_2$ [4], на которой нанесены точки, отвечающие составу дегидратированного датолита и исследуемой датолитовой руды. Первая находится в поле существования двух жидкостей на изотерме 1100° , вторая — в поле кристаллизации $CaO \cdot SiO_2$, приблизительно на изотерме 1250° . Принимая по Тамману (см. [5]) температуру спекания силикатов равной 0,8 от температуры плавления, получаем температуру спекания для датолита $\approx 880^\circ$, для руды — около 1000° .

В процессе пирогидролита при температуре выше 730° состав оставшейся твердой фазы последовательно перемещается к стороне треугольника $CaO - SiO_2$ по лучам, проведенным через точки состава и фигуративную точку B_2O_3 . При этом для датолита удаление небольшого количества борного ангидрида (степень извлечения B_2O_3 около 5%) ведет к смещению состава твердой фазы в область существования одной жидкости с температурой кристаллизации около 1000° , что по Тамману соответствует температуре спекания около 800° . Вероятно, из-за этого поля жидкости с низкой температурой кристаллизации невозможно топохимическое проведение процесса пирогидролита минерала при температуре выше 800° [1]. Для руды удаление B_2O_3 сопровождается последовательным увеличением температуры плавления твердой фазы.

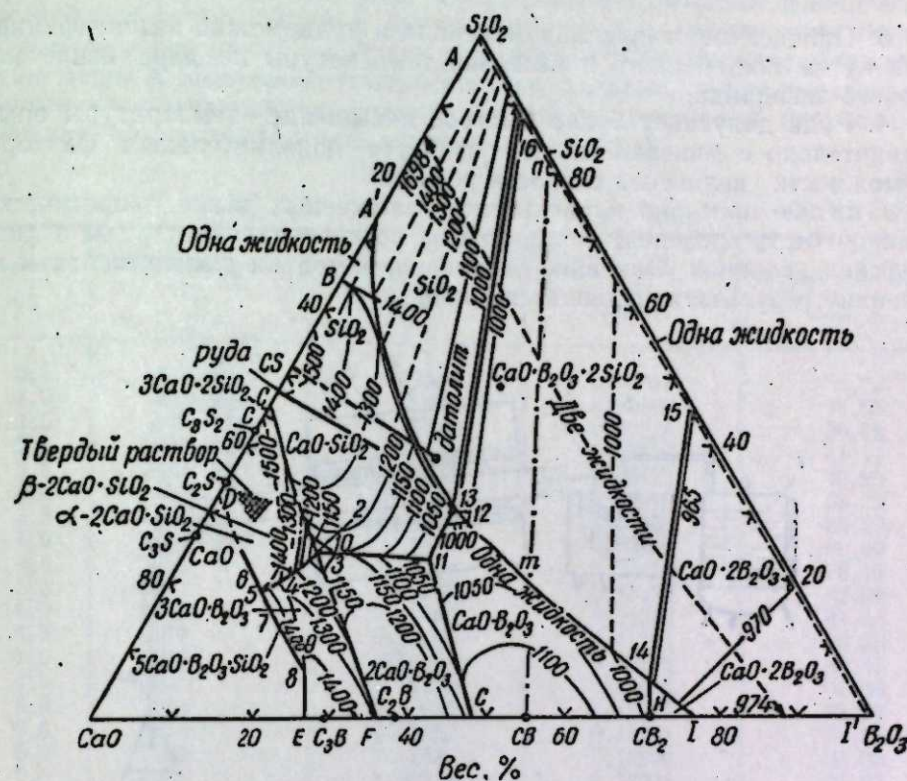


Рис. 1. Диаграмма состояния системы $CaO - B_2O_3 - SiO_2$.

По точкам пересечения проведенных лучей с изотермами поля кристаллизации $CaO \cdot SiO_2$, принимая температуру спекания равной 0,8 от температуры плавления и распределение в твердой фазе оставшегося B_2O_3 равномерным, можно ориентировочно рассчитать температуры спекания на различных стадиях проведения процесса. Полученные значения приведены в табл. 1.

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Температурные границы топохимической области осуществления процесса пирогидролита для необогащенной кварц-карбонатной датолитовой руды значительно шире, чем для минерала.

2. Возможность проведения реакции пирогидролита руды при более высокой температуре является предпосылкой для значительного сокращения продолжительности процесса.

Таблица 1

Температура кристаллизации расплава по диаграмме, °С	Температура спекания, °С	Степень извлечения B_2O_3 , %	
		из датолита	из руды
1150	920	13	—
1200	960	22	—
1250	1000	32	0
1300	1040	43	15
1350	1080	50	23
1400	1120	58	32
1450	1160	71	48
1500	1200	89	90

3. Процесс пирогидролиза минерала и руды можно интенсифицировать путем постепенного повышения температуры по мере извлечения борного ангидрида.

4. Руда допускает более быстрое повышение температуры опыта сравнительно с минералом, что является дополнительным фактором возможности увеличения скорости реакции.

С целью проверки правильности изложенных выше теоретических выводов была проведена серия опытов по пирогидролизу руды в динамических условиях. Описание установки, методики эксперимента и полученные результаты приводятся ниже.

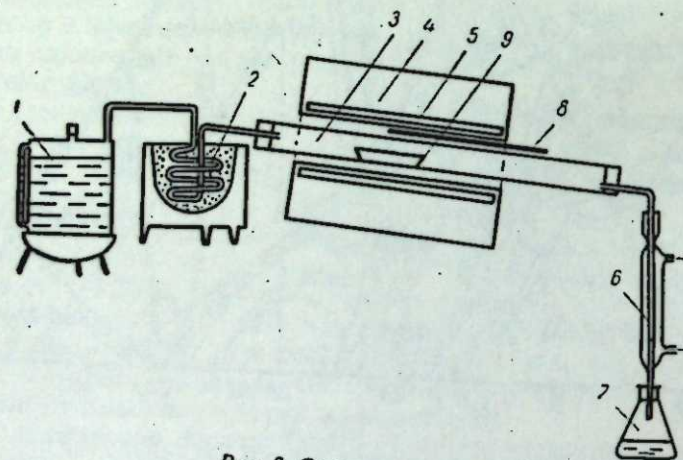


Рис. 2. Схема установки.

Действие перегретого водяного пара на датолитовую руду изучалось на установке, схема которой приведена на рис. 2. Пар из парообразователя 1 — цилиндрического металлического сосуда объемом 2,5 л с клапаном для регулировки расхода пара — направлялся в пароперегреватель 2, расположенный внутри заполненной песком тигельной электропечи. Перегретый пар поступал в реакционную кварцевую трубку 3 диаметром 30 мм, помещенную в трубчатую электропечь 4 с корундовыми термоэлементами 5. Избыток водяного пара и газообразные продукты реакции охлаждались в холодильнике 6 и собирались в приемник 7. Контроль за температурой опыта осуществлялся с помощью платино-платинородневой термопары 8, находящейся в рабочем пространстве трубчатой электропечи 4, и гальванометра с точностью измерения $\pm 10^\circ$.

Опыты проводились в условиях постепенного повышения температуры при расходе водяного пара 1 г/мин. В качестве реакционного сосуда применялась платиновая лодочка длиной 55 мм, шириной дна 7 мм. Навеска датолитовой руды в 1 г распределялась ровным слоем по дну платиновой лодочки, после чего она вдвигалась в нагретую до нужной температуры кварцевую трубку 3. Отсчет времени производился с момента пуска в реакционную трубку перегретого водяного пара.

Наблюдение за ходом реакции осуществлялось путем отбора конденсата через каждые 30 мин. и последующего определения в нем борного ангидрида титрованием щелочью в присутствии маннита. Титр щелочи устанавливался по тетраборату калия, синтезированному по методике А. Д. Кешана [6]. При простоте выполнения метод определения борной кислоты, по данным ряда авторов, характеризуется сравнительно высокой точностью. Данные амперометрического определения борной кислоты в растворах [7] приводят к выводу, что применение фенолфталеина ведет к некоторому занижению результатов. Экспериментальные данные о пирогидролизе датолитовой руды при различной скорости повышения температуры опыта приведены в табл. 2.

Таблица 2

Время, час.	Температура, °С	Выход B_2O_3 , г		Степень извлечения B_2O_3 , %
		за время Δt	общий	
0,5	850—900	0,00748	0,00748	4,70
1,0	900—950	0,01451	0,02199	15,65
1,5	950—1000	0,01922	0,04121	30,16
2,0	1000—1050	0,01451	0,05572	41,11
2,5	1050—1100	0,01040	0,06612	48,95
3,0	1100—1150	0,01333	0,07945	58,72
3,5	1150—1200	0,00863	0,08808	65,23
4,0	1200—1250	0,01784	0,09592	69,93
4,5	1250	0,00824	0,10416	76,15
5,5	1250	0,00863	0,11279	82,66
6,0	1250	0,00235	0,11514	84,44
6,5	1250	0,0054	0,11768	86,36
7,0	1250	0,00392	0,12160	89,32
7,5	1250	0,00275	0,12435	91,39
8,0	1250	0,00196	0,12631	92,87
8,5	1250	0,00157	0,12787	94,05
9,0	1250	0,0133	0,12920	95,03
9,5	1250	0,00114	0,13034	95,92

Твердая фаза после опыта представляет собой неспекшийся порошок. Максимальная концентрация борной кислоты в полученных растворах равна 0,11%, средняя при извлечении 86,36% B_2O_3 — 0,05%, средняя за весь опыт — 0,04%.

0,5	850—950	0,01687	0,01687	12,73
1,0	950—1050	0,01922	0,03609	27,23
1,5	1050—1150	0,02236	0,05845	44,10
2,0	1150—1250	0,02079	0,07924	59,79
2,5	1250	0,02353	0,10177	77,55
3,0	1250	0,00412	0,10589	81,99
3,5	1250	0,00177	0,10766	84,63
4,0	1250	0,00137	0,10903	87,00
5,0	1250	0,00255	0,11158	90,26

Твердая фаза после опыта имеет вид неспекшегося порошка. Максимальная концентрация борной кислоты в полученных растворах равна 0,14%, средняя при извлечении 84,63% B_2O_3 — 0,12%, средняя за весь опыт — 0,07%.

Окончание табл. 2

Время, час.	Температура, °С	Выход V_2O_5 , г		Степень извлечения V_2O_5 , %
		за время Δt	общий	
0,5	850—1050	0,01765	0,01765	13,32
1,0	1050—1250	0,01608	0,03373	25,46
1,5	1250	0,00902	0,04275	32,27
2,0	1250	0,00059	0,04333	32,72
2,5	1250	0,00078	0,04412	33,31
3,0	1250	0,00079	0,04481	33,90

Твердая фаза после опыта — сплошная стекловидная масса зеленого цвета с небольшим количеством воздушных пузырьков.

Данные табл. 2 подтверждают правильность наших выводов и показывают, что рассчитанные температуры спекания твердой фазы имеют важное практическое значение при степени извлечения V_2O_5 до 50%. При большей степени извлечения борной ангидрида склонность твердой фазы к спеканию значительно ослаблена и последняя не изменяет своего состояния при более быстром повышении температуры.

С целью проверки влияния скорости движения водяного пара на процесс пирогидролиза расход его был уменьшен в 2,5 раза. Полученные экспериментальные данные для навески в 1 г приведены в табл. 3.

Таблица 3

Время, час	Расход пара, 1 г/мин			Расход пара 0,4 г/мин		
	температура, °С	выход V_2O_5 , г, за время Δt	степень извлечения V_2O_5 , %	температура, °С	выход V_2O_5 , г, за время Δt	степень извлечения V_2O_5 , %
0,5	850—950	0,01687	12,73	850—950	0,01961	14,80
1,0	950—1050	0,01922	27,23	950—1050	0,01568	26,64
1,5	1050—1159	0,02236	44,10	1050—1150	0,01294	36,40
2,0	1150—1250	0,02079	59,79	1150—1250	0,01451	47,35
2,5	1250	0,02353	77,55	1250—1350	0,01176	56,23
3,0	1250	0,00412	81,99	1350	0,00706	61,53
3,5	1250	0,00177	84,63	1350	0,00549	65,67
4,1	1250	0,00137	87,00	1350—1400	0,00941	72,77
5,0	1250	0,00255	90,26	1400	0,00902	79,58

Сопоставляя данные табл. 3 для одинакового температурного режима, нетрудно сделать вывод, что скорость процесса пирогидролиза уменьшается при снижении расхода пара. Однако для данных условий влияние этого фактора сравнительно невелико, на основании чего можно считать, что значительная часть пропускаемого водяного пара не вступает в реакцию. Максимальные концентрации растворов борной кислоты при расходе водяного пара 1 и 0,4 г/мин соответственно равны 0,14 и 0,29%. Последнее показывает, что полученные низкие значения концентраций растворов в предшествующих опытах являются следствием малого времени контакта руды с паром. Поэтому можно ожидать, что при увеличении времени контакта, могут быть получены растворы с более высокой концентрацией борной кислоты при сравнительно небольшом увеличении продолжительности процесса.

При расходе водяного пара 0,4 г/мин твердая фаза после опыта имеет вид прозрачного стекла, которое образовалось при температуре

выше 1250°. Несмотря на это, скорость реакции остается сравнительно высокой, что, очевидно, связано с большой поверхностью и малой толщиной слоя образовавшегося расплава.

Учитывая положительные результаты предшествующих опытов, мы попытались осуществить процесс с несколько увеличенной навеской той же руды при расходе водяного пара 1 г/мин. Полученные экспериментальные данные помещены в табл. 4.

Таблица 4

Время, час	Температура, °С	Выход V_2O_5 , г		Степень превращения, %
		за время Δt	общий	

Навеска руды 10,864 г

0,5	750—850	0,00314	0,00314	
1,0	850—950	0,03647	0,03961	2,533
1,5	950—1000	0,04863	0,08824	5,912
2,0	1000—1050	0,04147	0,12971	8,790
2,5	1050—1100	0,0400	0,16971	11,570
3,0	1100—1150	0,02353	0,19324	13,200
3,5	1150—1200	0,02353	0,21677	14,840
4,0	1200—1250	0,02549	0,24226	16,620
4,5	1250—1300	0,08785	0,33011	22,720
5,0	1300—1350	0,15295	0,48306	29,040
5,5	1350—1400	0,19149	0,67455	46,550
6,0	1400	0,14825	0,82280	56,960
6,5	1400	0,09205	0,91485	62,320
7,9	1400	0,04353	0,95838	66,360
7,5	1400	0,05412	1,01250	69,530
8,0	1400	0,09451	1,10701	76,700
8,5	1400	0,04000	1,14701	79,430
9,0	1400	0,03803	1,18504	82,120

Навеска руды 10 г

0,5	750—850	0,00196	0,00196	0,15
1,0	850—900	0,00353	0,00549	0,42
1,5	900—950	0,02196	0,02745	2,08
2,0	950—970	0,04432	0,07155	5,43
2,5	970—1000	0,04353	0,11530	8,72
3,0	1000—1050	0,03844	0,15374	11,62
3,5	1050—1100	0,03686	0,19060	14,47
4,0	1100—1150	0,04471	0,23531	17,85
4,5	1150—1200	0,04236	0,27767	21,05
5,0	1200—1250	0,02353	0,30120	22,83
5,5	1250—1300	0,05922	0,36042	27,30
6,0	1300—1350	0,19610	0,55652	42,10
6,5	1350—1400	0,25296	0,80948	61,19
7,0	1400	0,22669	1,03617	78,30
7,5	1400	0,10275	1,13892	86,06
8,0	1400	0,04000	1,17892	89,08
8,5	1400	0,02863	1,20755	91,24

Данные табл. 4 показывают сравнительно невысокую скорость процесса в топахимической области и значительное возрастание ее при температуре 1300—1400°, когда руда находится в расплавленном состоянии. Однако осуществление процесса при высоких температурах представляет большие технические трудности из-за высокой растворяющей способности расплава относительно силикатных и алюмосиликатных материалов.

Сопоставляя данные табл. 4 и 2, следует сделать вывод, что для топахимической области осуществления процесса применение увеличен-

ной навески ведет к некоторому возрастанию абсолютного количества B_2O_3 , удаляемого с водяным паром. Однако в этом случае достигнутая за одно и то же время степень разложения датолитовой руды значительно меньше, чем при навеске в 1 г. Мы связываем это с ухудшением условий контакта водяного пара с внутренними слоями навески руды.

Выполненное нами [8] исследование зависимости скорости топохимического процесса пирогидроллиза флюорита от размеров его зерен приводит к выводу о целесообразности проведения процесса пирогидроллиза сильно измельченных датолитовых руд в условиях, обеспечивающих легкость проникновения водяного пара в толщу непрореагировавшего вещества. Для этого руда была измельчена до прохождения через сито 200 меш и превращена в гранулы диаметром 3—5 мм. Введенная при грануляции вода удалялась в сушильном шкафу при температуре 115—125°.

Из высушенных гранул была взята навеска в 10 г и подвергнута пирогидроллизу на описанной выше установке. С целью проверки влияния на скорость реакции предварительного измельчения и последующей грануляции руды процесс проводился в условиях, аналогичных опыту для навески 10 г при крупности зерен 0,1—0,25 мм (табл. 4). Полученные экспериментальные данные помещены в табл. 5.

Таблица 5

Время, час	Температура, °С	Выход B_2O_3 , г		Степень превращения, %
		за время Δt	общий	
0,5	800—850	0,05476	0,05476	3,91
1,0	850—900	0,06834	0,12310	8,79
1,5	900—950	0,05967	0,18277	13,05
2,0	950	0,05212	0,23489	16,77
2,5	950—1000	0,04912	0,28401	20,28
3,0	1000—1050	0,04503	0,32904	23,50
3,5	1050—1100	0,02834	0,33738	25,52
4,0	1100—1150	0,02677	0,36415	27,43
4,5	1150—1200	0,00882	0,37297	28,09
5,0	1200	0,01169	0,38466	29,26

Из табл. 4 и 5 нетрудно видеть, что для сильно измельченной и гранулированной руды скорость реакции в начальной стадии процесса (до 1050°) значительно выше, чем при крупном дроблении. Резкое снижение скорости наблюдается при температуре 1050° и выше. Можно предполагать, что это связано с частичным сплавлением гранул. Подтверждением такой точки зрения могут служить резкое снижение скорости процесса при температуре около 1200° и визуальное отмеченный факт образования при данных условиях густого расплава.

Изложенные выше данные позволяют ожидать, что при оптимальном расходе водяного пара и наиболее благоприятном температурном режиме возможно значительное сокращение продолжительности процессов пирогидроллиза датолитовых руд и увеличение концентрации борной кислоты в полученных растворах.

Выводы

1. На основе анализа тройной системы $CaO - B_2O_3 - SiO_2$ показано, что применение небогатых датолитовых руд по сравнению с минералом позволяет значительно сократить продолжительность про-

цесса извлечения борного ангидрида действием перегретого водяного пара.

2. Рассчитан и экспериментально подтвержден наиболее благоприятный температурный режим осуществления реакций пирогидроллиза датолитовых руд.

3. Показана возможность значительной интенсификации процесса путем сильного измельчения и последующей грануляции руды.

Дальневосточный филиал
Сибирского отделения АН СССР,
Владивосток

Поступила в редакцию
9/X 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Е. Берлин, О производстве борной кислоты, буры и борных удобрений. ЖПХ, 28, 785, (1955).
2. Л. Е. Берлин, Переработка борсодержащего сырья. Хим. наука и промышленность, 2, 726 (1957).
3. Е. П. Ожигов, М. А. Михайлов, Н. М. Голубев, О бескислотных способах разложения датолита. Сб. Мат. по иссл. хим. сырья Дальнего Востока. Владивосток, 1958.
4. Д. С. Белякин, В. В. Лапин, Н. А. Торопов, Физико-химические системы силикатной технологии. Промстройиздат, 1954.
5. П. П. Будников, А. С. Бережной, Реакции в твердом состоянии. ЖПХ, 13, вып. 9, 1277 (1940).
6. А. Д. Кешан, Синтез боратов в водном растворе и их исследование. Изд. АН Латв. ССР. Рига, 1955.
7. В. И. Богovina, В. Г. Селиванов, Амперметрическое определение борной кислоты. Заводск. лабор., 24, № 10, 1200 (1958).
8. М. А. Михайлов, Т. И. Ведерникова, Пирогидроллиз фтористого кальция и флюорита в динамических условиях с добавкой двуокиси кремния. Изв. СО АН СССР, № 3, 1959.

М. Ф. ЛЯПУНОВ

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА р. ОБИ НА УЧАСТКЕ
НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Настоящая работа ставит своей задачей дать гидрохимическую характеристику вод р. Оби на участке Камень — Новосибирск до образования Новосибирского водохранилища с тем, чтобы в дальнейшем, когда оно будет создано, можно было более точно проследить за последующим изменением минерализации воды, что будет иметь важное практическое значение.

Воды Оби в ее верхнем течении, на участке выше Новосибирска, согласно классификации природных вод, предложенной О. А. Алекиным [1], относятся к гидрокарбонатному классу, к группе кальциевых вод второго типа. Режим гидрохимических элементов тесно связан с гидрологическими условиями реки. Так, общая минерализация вод Оби у Новосибирска находится в обратной зависимости от расходов воды. Поэтому величина минерализации воды значительно колеблется из года в год и в течение года по сезонам.

В отдельные годы сумма ионов может падать до 127 мг/л в мае — июне и увеличиваться до 450—500 мг/л в зимние месяцы.

Данные за 1941—1954 гг. (рис. 1) показывают, что сумма ионов в течение года колеблется в пределах от 180 до 355 мг/л. В зимний период при наименьших расходах воды наблюдаются наибольшие за год величины суммы ионов, достигая 300—450 мг/л. В это время питание реки идет преимущественно за счет грунтовых и аллювиально-верховодных вод речной долины. Запасы аллювиально-верховодных вод истощаются в начале зимы, поэтому основная роль в питании реки зимой принадлежит более минерализованным грунтовым водам. Благодаря такому характеру питания реки минерализация речной воды возрастает и дости-

Таблица 1

Химический состав вод р. Оби в весенний паводок (май) за 1941—1954 гг. (мг/л) по данным Западно-Сибирского управления гидрометеослужбы [6].

Дата	Сумма ионов	НСО ₃	SO ₄	Cl'	Ca ^{..}	Mg ^{..}	Na + K'
15. V 1941	200	147,6	9,9	3,9	29,8	1,0	16,8
6. V 1942	180,7	119,6	12,3	3,6	35,4	3,5	6,3
27. V 1943	248,3	170,8	9,9	6,4	28,8	10,9	21,5
26. V 1945	212,4	164,0	6,6	4,8	27,0	5,7	4,3
13. V 1948	227,8	158,6	11,1	3,9	45,1	7,9	1,2
21. V 1949	152,5	100,6	13,2	1,0	30,4	3,5	3,8
10. V 1950	231,4	152,5	11,9	8,8	36,0	7,4	14,8
17. V 1951	174,8	115,9	11,1	4,2	36,4	5,2	2,0
31. V 1952	132,3	85,4	11,7	2,1	23,7	3,4	6,0
16. V 1953	169,8	114,7	13,4	0,6	29,3	6,0	5,8
20. V 1954	153,7	96,4	17,7	0,8	28,6	3,0	7,2

гает максимума к началу снеготаяния. Весной речная вода разбавляется маломинерализованными талыми водами, вследствие чего сумма ионов падает, достигая минимума около пика паводка, примерно 180—200 мг/л.

После весеннего половодья минерализация воды возрастает вновь и в летне-осенний период достигает 250—280 мг/л.

Величины среднего содержания ионов в миллиграммах на литр по месяцам приведены на рис. 1, из которого видно, что ход изменения величины каждого иона в основном обратно пропорционален изменениям объема водного стока: максимум — зимой, минимум — в период половодья.

Величина концентраций отдельных ионов колеблется в пределах: HCO₃ = 107 — 250 мг/л; SO₄ = 8,3 — 16,7; Cl' = 4,1 — 7,0; Ca^{..} = 2,7 — 6,2; Mg^{..} = 5,6 — 14,0; Na + K' = 6,7, 17,0 мг/л.

Отклонения от этих величин в отдельные годы могут быть значительными. В табл. 1 для сравнения приведены данные химического анализа вод по различным годам для мая месяца, которые по существу отражают изменение химического состава паводковых вод. Из этих данных видно, что наибольшим колебаниям подвержено содержание щелочных элементов, сумма Na + K', величина которой может колебаться от 1,0 до 21 мг/л. Концентрация других элементов колеблется несколько меньше.

Соотношение ионов менее подвержено колебаниям, чем общая минерализация воды. Между Σ ионов, Ca^{..}, Mg^{..} и HCO₃, существуют следующие простые соотношения:

$$\Sigma \text{ ионов} = 1,45 \text{ HCO}_3, \text{ Mg}^{..} = 0,055 \text{ HCO}_3, \text{ Ca}^{..} = 0,266 \text{ HCO}_3.$$

Соотношения для других ионов SO₄, Cl', Na + K' более сложны, и установить какую-либо определенную функциональную зависимость для них пока не удастся из-за ограниченности данных, имеющихся в нашем распоряжении.

Величина химического стока р. Оби для главных ионов у г. Новосибирска приведена в табл. 2.

Химический сток Оби за один год в среднем составляет около 12,0 млн. т солей, в том числе иона HCO₃ — 8,2 млн. т; SO₄ — 0,6; Cl' — 0,38; Ca^{..} — 2,0; Mg^{..} — 0,39; Na + K' — 0,5 млн. т. В течение года величина химического стока колеблется от 0,286 млн. т, в зимние месяцы — до 2,7 млн. т за месяц в период половодья.

Таким образом, основное количество солей сбрасывается рекой во время половодья.

Изменение величины химического стока по сумме и отдельным ионам представлено графически на рис. 2.

Главным притоком Оби на рассматриваемом нами участке является р. Бердь, впадающая в Обь. Рассмотрение гидрохимического режима этой реки и определение величины ее химического стока также представляют практический интерес. Значения главных гидрохимических показателей р. Бердь у г. Искитима графически представлены на рис. 3.

Функциональная зависимость между расходом и степенью минерализации для этой реки выражается так же, как и для Оби, т. е. степень минерализации обратно пропорциональна величине стока. Поэтому величина минерализации вод Берди также подвержена значительным колебаниям как на протяжении года, так и от года к году в зависимости от величины стока. В течение года она колеблется от 480 до 500 мг/л зимой и около 240 мг/л в паводок.

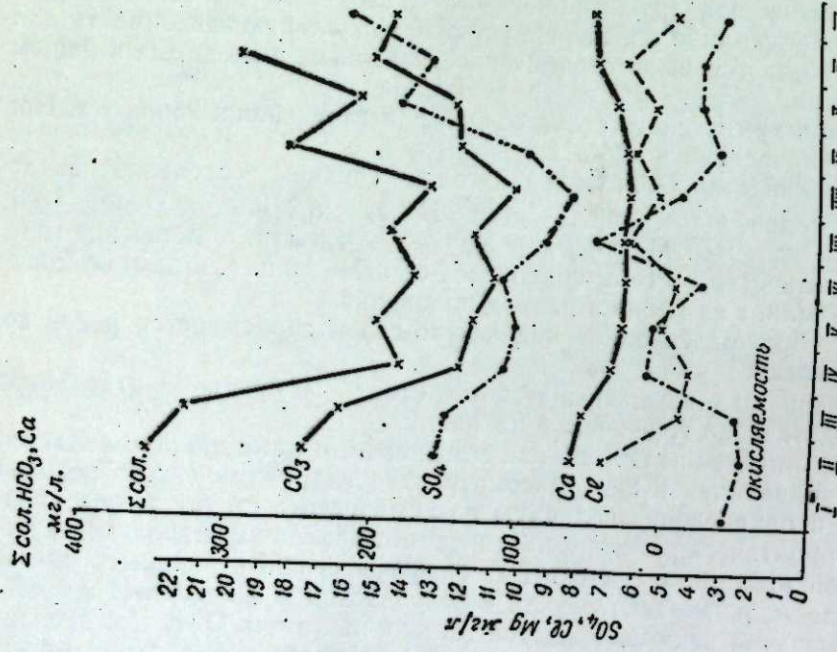


Рис. 1. Изменение состава вод р. Оби в течение года у г. Новосибирска.

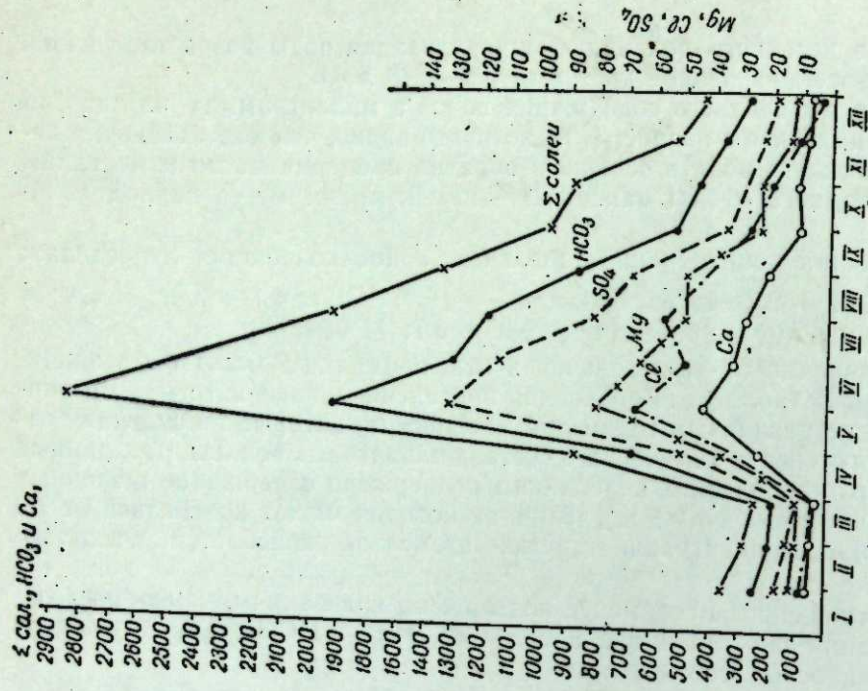


Рис. 2. Химический сток р. Оби у г. Новосибирска (тыс. т).

Таблица 2

Показатели	Единица измерения	Химический сток р. Оби — г. Новосибирск по месяцам года												За год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1. Средний расход	м ³ /сек	392	334	315	1880	5170	4260	3030	2020	1440	1160	698	483	1765
2. Сток	км ³	1,0	0,81	0,86	4,85	13,35	11,00	9,04	8,31	3,72	3,18	1,80	1,32	59,24
3. Химический сток	тыс. т.	364,0	286,1	284,8	882,7	2683,0	1947	1755,0	1353,0	981,6	906,6	540	443,6	12427,4
4. Вынос ионов														
HCO ₃		247,7	200,5	194,2	684,0	1748,0	1320,0	1203,0	888,0	539,0	469,0	371	298,0	8162,7
SO ₄		17,1	13,5	10,5	50,4	138,0	116,0	83,2	68,9	36,4	39,0	23,7	20,0	611,7
Cl		7,50	5,64	3,80	3,15	66,8	50,6	57,0	42,3	28,1	21,2	11,3	6,00	303,4
Ca		64,2	50,0	48,3	232,0	427,0	330,0	289,0	219,0	108,0	117,0	93,6	71,5	2049,6
Mg		12,8	11,3	10,9	30,6	80,1	66,0	50,6	49,8	25,2	24,7	14,0	13,2	389,2
Na+K		19,3	13,2	9,84	21,8	89,4	77,0	72,3	68,1	39,4	37,1	28,8	22,5	498,7

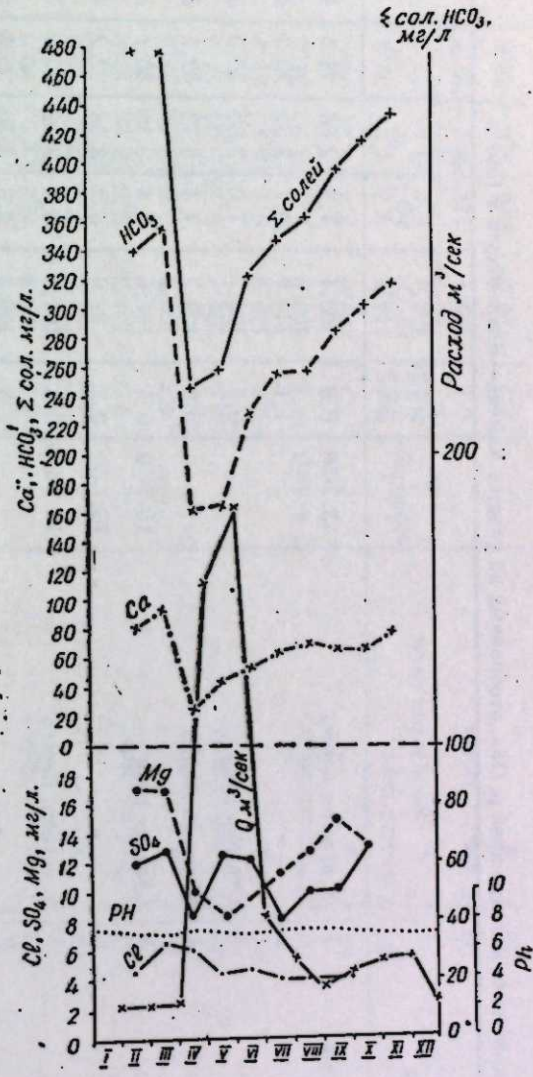


Рис. 3. Внутригодовые изменения расхода и состава воды р. Берда у г. Искитима.

Химические анализы проб р. Оби, отобранных на участке Камень—Новосибирск в 1956 г.

Таблица 3

№ створа	Местоположение и № станции	Место взятия пробы	Дата отбора проб	Температура воды, °С	Ионный состав, мг/л						Сумма ионов
					HCO ₃ '	SO ₄ '	Cl	Ca	Mg	Na	
I	г. Камень, выше Каменск. острова	1 У правого берега	13.7-56	0,6	106,1	7,4	2,86	28,6	4,8	3,45	153,3
		2 »	-	1,13	114,7	10,7	3,22	29,3	4,1	8,97	171,0
		3 Срединна реки	-	0,5	103,7	7,0	2,86	30,0	3,9	2,53	150,0
II	Бакенный пост Разумное д. Соколова	4 У левого берега	-	0,5	109,7	7,4	5,72	32,2	5,9	3,68	164,7
		5 Срединна реки	15.7-56	0,5	97,6	7,4	2,86	30,7	3,93	-	142,5
		6 »	16.7-56	0,5	97,6	8,2	3,58	22,2	4,1	9,9	145,6
		7 У правого берега	19.7-56	0,5	106,1	6,2	3,22	22,9	5,9	7,6	151,9
		8 »	-	5,5	109,8	9,5	3,50	26,5	6,6	5,5	161,3
		9 Срединна реки	-	6,0	134,2	9,9	3,22	35,0	4,6	8,51	195,4
III	д. Абрашино д. Нижне-Каменка	10 »	-	0,5	103,7	9,0	3,58	30,7	4,6	1,84	153,4
		11 У левого берега	-	0,5	109,8	7,4	3,22	30,7	5,4	1,38	158,0
		12 »	-	4,0	109,8	9,5	3,50	26,5	6,6	5,52	161,3
		13 Срединна реки	22.7-56	0,5	103,7	9,5	2,86	25,0	4,1	8,97	154,2
		14 У правого берега.	24.7-56	0,5	106,1	6,2	3,22	25,0	5,2	6,44	152,2
		15 »	-	1,1	107,4	7,4	3,22	27,2	3,5	8,3	156,9
		16 Срединна реки	-	0,5	109,8	8,2	3,22	26,5	4,8	8,05	160,6
		17 »	-	5,4	109,8	7,0	3,50	24,3	4,4	10,9	159,8
		18 У левого берега	-	0,5	106,1	7,1	3,58	25,0	4,4	48,7	15,51

IV	д. Нижне-Каменка	19 У левого берега	24.7-56	1,1	109,8	7,0	3,60	31,5	4,8	1,84	158,5
		20 Срединна реки	26.7-56	0,5	109,8	7,0	2,86	27,9	3,5	7,82	158,9
		21 »	29.7-56	0,5	100,0	6,6	3,58	25,7	2,4	9,2	147,5
		22 »	30.7-56	0,5	100,0	9,9	3,58	30,7	3,3	3,5	151,0
V	д. Гуселетово	23 У правого берега	3.8-56	0,5	104,9	7,4	3,6	25,7	5,0	6,4	153,1
		24 »	-	2,6	107,4	7,4	3,6	24,3	5,5	9,9	158,6
		25 Срединна реки	-	0,5	109,8	7,0	3,5	31,5	5,0	1,84	159,4
		26 »	-	4,0	104,9	17,0	4,8	27,9	4,6	5,5	154,7
		27 У левого берега	-	0,5	107,4	9,5	2,86	27,2	5,5	5,29	157,6
		28 »	-	3,5	109,8	9,9	3,5	26,5	5,3	8,3	163,3
VI	Приток устья р. Бердь	29 У правого берега	3.8-56	0,5	109,8	6,0	3,2	30,0	5,7	1,38	156,7
		30 »	-	2,3	152,5	7,9	3,6	43,6	6,1	1,61	214,8
		31 Срединна реки	-	0,5	101,3	6,6	3,58	27,9	4,1	3,91	147,5
		32 »	-	4,4	109,8	7,0	3,58	33,6	3,5	1,84	159,3
		33 У левого берега	-	0,5	106,1	8,23	3,22	27,2	4,4	6,4	155,6
		34 »	-	3,0	109,8	9,1	3,5	27,2	5,0	7,36	161,9
		35 У правого берега	8.8-56	0,5	109,8	7,8	3,22	31,5	4,8	2,1	159,2
		36 »	-	5,7	109,8	8,2	3,22	30,0	4,8	3,9	160,0
VII	Ус. Бугры	37 Срединна реки	-	0,5	114,7	8,3	4,8	32,2	5,9	2,5	168,4
		38 »	-	2,6	107,4	8,2	3,5	27,2	5,7	4,83	156,8
		39 »	-	0,5	103,7	7,4	3,1	27,9	5,2	2,76	190,0
		40 У левого берега	-	1,5	97,6	10,0	4,8	23,6	5,0	8,3	149,2

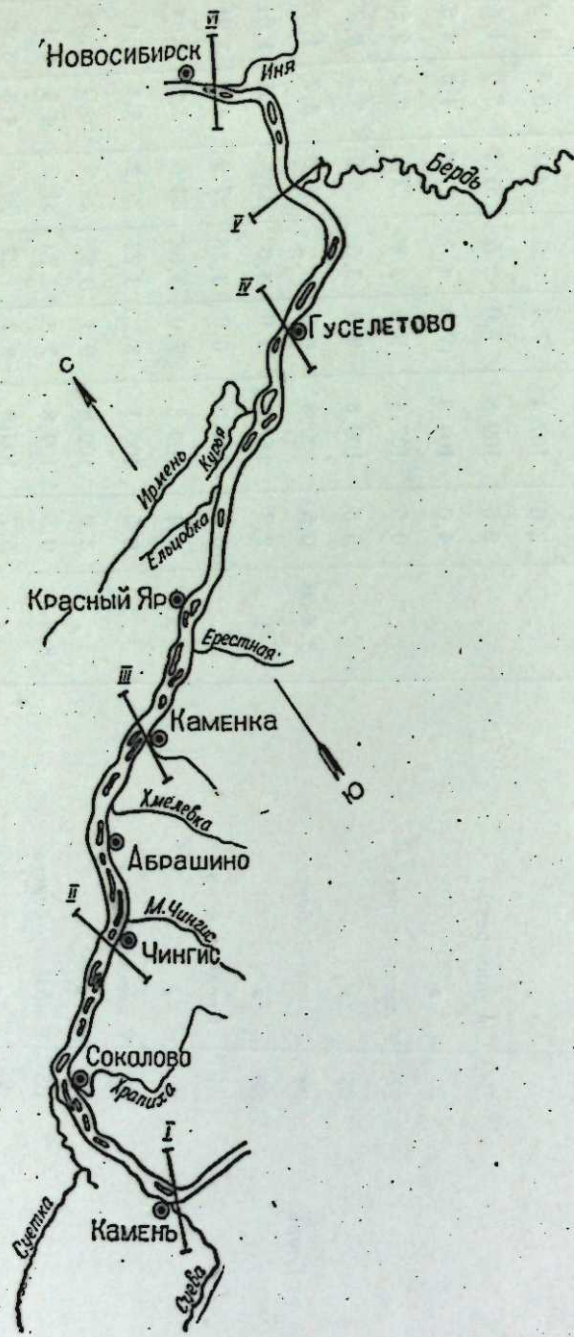


Рис. 4. Схема бассейна р. Оби на участке Камень—Новосибирск.

Таблица 4
Химические анализы вод рек — притоков р. Оби на участке Камень—Новосибирск и некоторых пойменных озер.

Название реки (озера)	Дата отбора проб	Глубина взятия	Ионный состав, мг/л						Сухой остаток	Удельный вес
			HCO ₃	SO ₄	Cl ⁻	Ca	Mg	Na		
Суева, левый приток, впадает около г. Камня	13.7—56	0,5	213,5	55,1	42,12	47,9	16,2	48,8	322,0	1,0004
Храпиха, у д. Соколово	16.7—56	0,5	317,2	5,3	7	69,4	16,2	16,6	290,0	1,0003
Суетка, в устье реки	18.7—56	0,5	225,7	90,1	49,2	52,9	24,0	54,1	495,0	1,0005
Суетка, в 4 км от устья		0,5	225,7	83,1	42,1	57,2	23,4	42,6	400,0	1,0005
Чингисик, у пос. Ивановское	20.7—56	0,5	313,5	8,2	сл.	75,1	15,0	7,6	320,0	1,0003
Быструха, у д. Хмелевка	21.7—56	0,5	414,8	8,2	5	96,5	19,0	13,2	392,0	1,0003
Каменка, около д. Н. Каменка, правый приток	24.7—56	0,5	320,9	12,3	7,0	73,6	12,0	19,8	272,0	1,0003
Ерестная	25.7—56	0,5	268,4	7,0	4,0	65,1	11,6	10,6	236,0	1,0003
Ельцовка	27.7—56	0,5	189,0	5,8	сл.	43,6	12,2	0,46	220,0	1,0002
Исток Курьи	31.7—56	0,5	244,0	16,9	7,0	57,2	10,7	18,9	310,0	1,0004
Ермень		0,5	482,0	109,5	18,2	64,4	40,0	113,6	608	1,0008
Бердь	6.8—56	0,5	280,5	11,9	сл.	76,5	11,5	1,84	341,0	1,0 03
Бердь	7.8—56	0,5	247,7	9,5	сл.	74,4	10,0	3,0	290,0	1,0003
Иня у Новосибирска, правый приток	8.8—56	0,5	256,2	27,2	14,0	62,2	15,1	28,3	226	1,0003
Пойменные озера										
Оз. Камышено	3.7—56	0,5	244,0	4,9	4,9	58,6	10,9	9,2	220	1,0004
Оз. Курья	1.8—56	0,5	219,6	26,4	9,1	60,1	13,8	6,7	220	1,0003
Оз. Темное	4.8—56	0,5	164,7	4,5	7,2	48,6	9,2	0,7	284	1,0003

Содержание Са меняется в пределах 35—97 мг/л; Mg⁺⁺ — 8,5 — 17,0; Na⁺ + K⁺ — 4,5 — 11,0; HCO₃⁻ — 163—343; SO₄⁻ — 8—12; Cl⁻ — 4—6,5 мг/л.

Наибольшая величина минерализации приходится на зимний период, когда питание реки происходит главным образом за счет грунтовых вод, а наименьшая — на период весеннего паводка. Следует отметить, что, по сравнению с Обью, степень минерализации вод Берди несколько выше. Химический сток ее в сравнении с Обью невелик и составляет всего 475 тыс. т. в год. В течение года величина гидрохимического стока колеблется от 14,0 тыс. т в январе до 130 тыс. т в мае. Соотношения между отдельными ионами изменяются меньше.

Функциональная зависимость между суммой солей и HCO₃⁻, между Са, Mg и HCO₃⁻ выражается следующими уравнениями:

$$\Sigma \text{ионов} = 1,92 \text{HCO}_3^-; \text{Ca}^{++} = 0,25 \text{HCO}_3^-; \text{Mg}^{++} = 0,05 \text{HCO}_3^-.$$

В июле 1956 г. нами было проведено гидрохимическое обследование Оби и ее притоков на участке Камень — Новосибирск (рис. 4). По шести поперечным створам были отобраны пробы воды. На каждом створе делалось по три станции: на середине реки у правого и левого берегов на расстоянии 50 м от берегов. Кроме того, в промежутках между створами делались дополнительные станции для отбора проб. Всего сделано сорок станций. На каждой станции бралось по две пробы воды: одна — с поверхности на глубине 0,5 м, другая — у дна с помощью речного батометра. Кроме того, были отобраны пробы воды на середине реки на участках между створами. Данные химических анализов этих проб приведены в табл. 3. Данные химических анализов вод из притоков Оби на этом участке приведены в табл. 4.

Как видно из данных табл. 3, состав обской воды от Камня до Новосибирска относительно постоянен и разница между значениями отдельных анализов как по сумме солей, так и по отдельным ионам и соотношению между ними, незначительна. Несколько повышенная минерализация наблюдалась против устья р. Бердь (до 214 мг/л), в чем проявилось влияние Берди, имеющей более высокую минерализацию, чем Обь. Однако это влияние не распространяется далеко, так как сток р. Бердь по сравнению со стоком Оби незначителен. На этом основании можно предполагать, что и в дальнейшем при образовании водохранилища влияние Берди на общий ход изменения минерализации водохранилища будет невелико.

Другие притоки Оби на участке Камень — Новосибирск характеризуются также средней степенью минерализации, т. е. ниже 500 мг/л за исключением р. Еремень, в которой минерализация выше 600 мг/л. Данных по химическому стоку этих рек мы не имеем, однако их слаборазвитая гидрографическая сеть заставляет предполагать, что существенного изменения вод в водохранилище они не вызовут.

Озера, находящиеся в пойме р. Оби, также имеют среднюю степень минерализации, что свидетельствует о формировании их вод за счет весеннего паводка Оби.

Выводы

1. Воды Оби на участке Камень — Новосибирск характеризуются малой минерализацией. При обследовании участка летом 1956 г. общая минерализация составляла 147—217 мг/л, причем на всем протяжении названного участка состав вод относительно постоянен.

2. Воды притоков Оби на этом участке имеют среднюю степень

минерализации от 157,6 до 828 мг/л, заметного влияния на степень минерализации вод Новосибирского водохранилища оказывать не могут.

3. Солевой сток Оби у г. Новосибирска характеризуется сбросом около 12,5 млн. т солей ежегодно. Максимум его совпадает с подъемом половодья.

4. Солевой сток р. Бердь у г. Искитима составляет около 0,5 млн. т, следовательно, его влияние на минерализацию воды в водохранилище также будет несущественным.

Химико-металлургический институт
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
9/III 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. О. А. Алексин, Общая гидрохимия, Гидрометеониздат, 1948.
2. О. А. Алексин, Основы гидрохимии, Гидрометеониздат, 1953.
3. О. А. Алексин, Гидрологические типы рек СССР. Тр. Гос. гидролог. ин-та, вып. 25 (79), 1950.
4. О. А. Алексин, Гидрохимическая классификация рек СССР. Тр. Гос. гидролог. ин-та, вып. 4, 1948.
5. О. А. Алексин, Гидрохимия рек СССР. Тр. Гос. гидролог. ин-та, вып. 15, 1949.
6. Гидрологический ежегодник. Т. 6, вып. 09, 1947—1956.

Н. Б. ХРИСТОЛЮБОВА

УЛЬТРАСТРУКТУРА ХРОМОСОМ

Хотя метод электронной микроскопии для изучения тонких структур клетки и ядра начал применяться сравнительно недавно, он сразу же привлек внимание многочисленных исследователей, занимающихся изучением тонкого строения ядра и хромосом. Однако работ по ультраструктуре хромосом еще очень мало, несмотря на их исключительное значение для понимания целого ряда важнейших биологических проблем. Это можно объяснить трудностью изготовления препаратов для электронного микроскопа. Тонкие срезы с помощью ультрамикротомы научились делать только за последнее десятилетие, а до этого времени пытались рассматривать лишь отдельные клетки и ядра или изолированные хромосомы самых разнообразных животных и растений. Но даже изолированные хромосомы при изучении в электронном микроскопе оказываются слишком плотными для электронных лучей, поэтому трудно наблюдать детали их внутреннего строения. В целях уменьшения толщины препарата был введен в употребление метод давленных препаратов [1—3]. Одновременно стал применяться также метод реплики [4—5], сводящийся к тому, что хромосомы, выделенные тем или иным способом, покрываются сверху тончайшей пленкой коллодия. Пленка снимается и после напыления каким-либо металлом рассматривается под электронным микроскопом. Иногда напыляют не реплики, а непосредственно сами хромосомы. И в том, и в другом случае изучается лишь структура внешней поверхности хромосомы.

Все вышеперечисленные методы приготовления препаратов хромосом для наблюдения в электронном микроскопе имеют общий недостаток: они очень грубы и сильно деформируют структуру. Изоляция ядер, сопровождающаяся центрифугированием, процесс изготовления мазка, раздавливание ядер — все эти процедуры, проводимые до фиксации, ведут к образованию таких артефактов, по которым трудно судить о действительном строении хромосом.

Но даже при помощи таких несовершенных методик было обнаружено, что хромонемы состоят из большого количества нитей, сильно спирализованных и тесно прижатых друг к другу. Эти нити, называемые субфибриллами (протофибриллами, элементарными морфологическими единицами и пр.) сложены попарно и имеют диаметр 200—100 Å каждая.

С разработкой техники ультратонких срезов толщиной 200—300 Å возможности для изучения тончайшей структуры хромосом увеличились. Однако и на срезах наблюдать детали строения хромосомы оказалось чрезвычайно трудно, так как составляющие их нити сильно извиты и тесно прилегают друг к другу. Тем не менее уже сейчас накоплен довольно обширный фактический материал, имеющий значительное теоретическое значение. Поэтому попытка свести воедино целый ряд лите-

ратурных данных по ультраструктуре хромосом представляет известный интерес.

Большое внимание в современных исследованиях уделено изучению ультраструктуры ядра в покоящемся состоянии, так как вопрос о структуре хромосом в таких ядрах является одним из важнейших для выяснения преемственности хромосом в ряду клеточных поколений.

Хованич [6], изучая ультраструктуру ядер, изолированных из кровяных клеток цыпленка, выделял из них длинные хроматиновые нити диаметром около 500 Å.

При изучении таких же изолированных хроматиновых нитей из ядер лейкоцитов человека, эритроцитов карпа [7], эритроцитов черепахи [8] были найдены тонкие спиральные нити 50—100 Å* и гранулы 150—400 Å.

В 1953 г. Язуцуми и Ямамото [9] нашли такие же нити в интерфазных ядрах эритроцитов морского окуня (нити были выделены из ядер при помещении их в гипотоническую жидкость). В ядрах эритроцитов тритона, подвергшихся влиянию ультразвука, были также найдены нити в 100 Å [10].

Но такая методика была крайне несовершенной. Возникло сомнение, действительно ли извлекаемые из покоящегося ядра хроматиновые нити являются хромосомами или их компонентами, а не артефактами. Гораздо более достоверны результаты, полученные при изучении ультратонких срезов через покоящиеся ядра. Язуцуми и Хигашицава [11], применяя этот метод, обнаружили на срезах через ядра эритроцитов карпа нити 100—200 Å. Сходные результаты были получены Рисом [12—15] при изучении ультраструктуры интерфазных ядер лилии, традесканции, лука, клеток печени, поджелудочной железы и семенников у крыс и саламандр.

Аmano и др. [16] обнаружили фибриллы такого же размера в ядрах лимфоцитов мыши. Дэвисон и Мерцер [17] при изучении ультратонких срезов через изолированные ядра клеток печени крысы обнаружили тончайшие нити 100 Å, чем еще раз подтвердили данные Риса. В ядрах *Ameoba proteus* на ультратонких срезах Пеппас [18] обнаружил спиральные нити порядка 70—250 Å. И, наконец, Георгиев и Ченцов [19] в изолированных ядрах печени крысы, подвергшихся экстракции соответствующими растворителями, а также после действия нуклеаз наблюдали нити 100—150 Å и гранулы 100—200 Å. Авторы предложили следующую схему строения интерфазного ядра: осевой структурой хроматина являются нуклеонемы (нитевидные образования с сидящими на них гранулами), они прикрепляются к ядерной мембране. Клубок нуклеонем образует также ядрышко. К нуклеонемам прикрепляются нити дезоксирибонуклеопротейда, образуя в комплексе материал хроматина. Таким образом, ядрышко и так называемые «остаточные» хромосомы имеют идентичное строение.

Во всех перечисленных выше исследованиях на ультратонких срезах интерфазных ядер были видны субмикроскопические фибриллы в виде двойных параллельных линий или двойных кружков. Каждая фибрилла имела 100—200 Å. Некоторые другие исследователи, занимающиеся изучением интерфазного ядра в электронном микроскопе, наблюдали в таком ядре более или менее равномерно расположенную одно-

* d — диаметр.

родную зернистость, которая представляет, вероятно, перерезанные субмикроскопические единицы хромосомы. Эти данные свидетельствуют о том, что хромосомы в интерфазе не исчезают совсем, а сохраняются в виде слабо спирализованных элементарных морфологических единиц.

Одними из первых работ по ультраструктуре хромосом были исследования ядер слюнных желез двукрылых. Субхромонемы, составляющие такие хромосомы, слабо спирализованы, что облегчает их исследование в электронном микроскопе. Язуцуми, Одата и Ота [4], применяя метод реплики, обнаружили, что гигантские политенные хромосомы состоят из нитей около 500 \AA .

В работе того же года, проведенной Язуцуми и Кондо [5], с препаратов хромосом слюнных желез двух видов дрозофилы, предварительно подвергшихся действию ультразвука, были сделаны реплики, при изучении которых обнаружилось, что гигантские хромосомы состоят из более тонких нитей около 200 \AA .

При изучении хромосом слюнных желез дрозофилы на давленных препаратах, напыленных хромом [20, 21], и на ультратонких срезах [22, 23] было обнаружено большое количество длинных нитей 100 \AA . К сходным результатам пришли и другие авторы [24—28].

С помощью электронного микроскопа изучались также хромосомы, находящиеся в процессе митотического и мейотического делений. Митотические хромосомы как у растительных, так и у животных организмов образованы большим количеством нитей толщиной $100\text{--}200 \text{ \AA}$. Субфибриллы такого размера тесно сложены парами, диаметр каждой пары равен 500 \AA .

Амао и его сотрудники [16], изучая лимфоциты мыши в митозе на ультратонких срезах, нашли нити 310 \AA . В метафазных хромосомах лилии Рис [13, 15] обнаружил тонкие нити $100\text{--}200 \text{ \AA}$, которые всегда сложены парами, так что на ультратонких срезах они имеют вид двойных параллельных нитей или двойных колечек около 500 \AA . Такая же картина наблюдается при изучении электронномикроскопических снимков, сделанных со срезов через митотические хромосомы клеток корешков традесканции [14], Кауфмани и Де [29] при исследовании клеток волосков традесканции, находящиеся в профазе митоза, наблюдали на ультратонких срезах нити 125 \AA .

Не менее интересные результаты были получены при изучении ультраструктуры хромосом в мейозе. Субфибриллы около 500 \AA (сложенные из 2 нитей по 200 \AA) были найдены на мазках и ультратонких срезах при изучении лептонемных и пахинемных хромосом лилии и традесканции, в пахинемных хромосомах сперматоцитов первого порядка у некоторых прямокрылых и полужесткокрылых, а также у крысы [30, 31, 13—15, 28]. В сперматогониях человека и мыши Шульцу-Лэрсену [32] на ультратонких срезах и давленных препаратах удалось обнаружить спиральное строение хромосомы, петли спирали состоят из фибрилл толщиной в 200 \AA .

В профазных хромосомах мейоза у пиона, лилии и др. диаметр элементарной фибриллы колеблется от 110 до 120 \AA [33, 34].

При изучении ультратонких срезов через сперматоциты первого порядка некоторые авторы нашли, что профазные хромосомы в мейозе на

продольных срезах представляются состоящими из нескольких слоев разной плотности. Так, Мозес [35, 36] нашел, что такие хромосомы у рака состоят из плотных центральных нитей около 150 \AA . Они окружены менее электронномикроскопически плотным слоем 250 \AA , по краям которого лежат более плотные линии. Общая ширина всей этой структуры равна $600\text{--}700 \text{ \AA}$. К сходным результатам пришли Фауссет [37], изучавший профазные хромосомы сперматоцитов голубя, kota и человека, и Сотело и Трюхилло-Ценос [38], которые изучали раннюю профазу в сперматоцитах первого порядка крысы, рыбы, паука. В работе последних авторов показано, что в профазных ядрах хорошо различаются лентовидные группы, состоящие из трех нитей: двух наружных плотных и толстых (500 \AA) и одной средней тонкой и светлой (120 \AA). Наружные нити расположены на равном (в 200 \AA) расстоянии от средней нити. Каждая нить является независимой единицей, наружные нити, по предположению авторов, слабо спирализованы. В начале профазы хромосомы представлены небольшим количеством нитей около 120 \AA . Затем их число увеличивается, в лентовидных группах накапливается хроматин, и образуются профазные хромосомы.

На срезах через семенники саранчевых Де Робертис [39] нашел субмикроскопические нити длиной $10000\text{--}20000 \text{ \AA}$, толщина которых на разных стадиях мейотического деления варьирует. В ранней профазе их диаметр равен $28\text{--}84 \text{ \AA}$ (в ср. 47 \AA), в поздней профазе — в среднем 70 \AA и в метафазе — $60\text{--}170 \text{ \AA}$ (в ср. 100 \AA). Автор предполагает, что наиболее тонкие из обнаруженных нитей являются единичными молекулами ДНК.

Очень удобным объектом изучения ультраструктуры хромосом с помощью электронного микроскопа оказались хромосомы мейотической профазы ооцитов амфибий, так называемые «ламповые щетки». Петли последних чрезвычайно тонки, что дает возможность лучше рассмотреть отдельные субфибриллы, составляющие хромосому. Столь же удобными объектами являются пuffy (кольца Бальбиани) политенных хромосом двукрылых.

Петли «ламповых щеток» состоят из пучка микрофибрилл, количество которых у разных животных заметно варьирует. Микрофибриллы у всех изученных объектов имеют $500\text{--}600 \text{ \AA}$, причем каждая образована парой нитей толщиной в 200 \AA . Такие структуры были обнаружены в хромосомах ооцитов тритона [40, 41], саламандр, лягушек [13, 15, 30, 31, 42, 43].

В пuffy политенных хромосом Бирман и Бар [44] обнаружили нити около $50\text{--}100 \text{ \AA}$.

За последние годы появилось несколько очень интересных исследований, в которых изучался процесс превращения сперматиды в сперматозоид. Во всех этих работах отмечается, что диаметр элементарной морфологической единицы хромосомы, обычно колеблющийся в пределах $100\text{--}200 \text{ \AA}$, в процессе созревания сперматиды значительно уменьшается, доходя иной раз до 30 \AA , а сами фибриллы объединяются в пластины, заполняющие все ядро поздней сперматиды.

Голл и Бйорк [45] изучали на ультратонких срезах в электронном микроскопе процесс созревания сперматид в семенниках саранчевых. Вначале в ядре сперматиды различается масса спирально скрученных

отдельных фибрилл по 150 Å . На продольных срезах видно, что они располагаются вдоль длинной оси ядра. Затем эти фибриллы группируются в несколько отдельных лентовидных образований, остающихся по-прежнему более или менее правильно вытянутыми по длине ядра. Толщина этих хромосомовых лент по мере формирования спермиев уменьшается от 150 Å до 70 Å . Во время последнего этапа созревания ядро сперматиды вытягивается и сильно уплотняется. Размеры хроматиновых лент, выявленные авторами, были затем подтверждены рядом авторов [46—50].

Некоторое сомнение вызывает свидетельство Грассе и его сотрудников [47] о том, что в ядре сперматиды *Helix pomatia* хроматиновые нити имели 70—80 Å . Представляется вероятным, что это были не нити, а вышеописанные ленты, перерезанные при изготовлении препарата.

Небель [51], исследовавший сперматиды у *Steatococcus tuberculatus* нашел, что толщина элементарной нити в процессе созревания сперматиды значительно уменьшается, доходя до 30—40 Å . Хромосомы в поздней сперматиде состоят из 64 микрофибрилл диаметром 30 Å каждая.

Дасс и Рис [52], изучая процесс созревания сперматиды у нескольких видов прямокрылых, также наблюдали уменьшение толщины хромосомных фибрилл до 40 Å и образование из них лентовидных пластин. Изменение толщины фибриллы авторы связывают с исчезновением негистонного белка и появлением протаминов.

Некоторые данные о диаметре элементарных нитей хромосом разных объектов сведены в таблице.

Объект исследования	Толщина элементарной хромосомной нити, Å	Метод исследования	Автор, год
Интерфазные ядра эритроцитов карпа	100—200	ультратонкие срезы	Язуцуми и Хигашицава [11]
Интерфазные ядра лилии, традесканции, лука, печени и поджелудочной железы крысы, семенники крысы и саламандры	200	ультратонкие срезы; мазки, напыление ураном	Рис [12—15]
Интерфазные ядра лимфоциты мыши	110—130	ультратонкие срезы	Аmano, Дохи, Танака, Ухино и Ханаока [16]
Изолированные ядра клеток печени крысы	100	"	Дэвисон и Мерцер [17]
Ядра слюнных желез <i>Dr. melanogaster</i>	200 и 500	"	Гей [24—26]
Ядра слюнных желез <i>Dr. melanogaster</i>	100 и гранулы 300	"	Лоумен [27]
Ядра слюнных желез <i>Dr. melanogaster</i>	125	"	Кауфман и Мак Дональд [28]
Ядра слюнных желез <i>Dr. melanogaster</i>	100	"	Язуцуми [22, 23]
Профаза лимфоцитов мыши	310	"	Аmano, Дохи, Танака, Ухино и Ханаока [16]
Ранняя профаза в волосковых клетках традесканции	125	"	Кауфман и Де [29]

Окончание таблицы

Объект исследования	Толщина элементарной хромосомной нити, Å	Метод исследования	Автор, год
Лелтонома и пахинома сперматоцитов крысы, саламандр; пыльники лилии и традесканции	500 (из 2 по 200)	ультратонкие срезы, напыленные ураном	Рис [13]
Ранняя профаза сперматоцитов <i>Laplatacris dispar</i>	47	"	"
Поздняя профаза	70	ультратонкие срезы	Де Робертис [39]
Метафаза	100	"	"
Профаза сперматоцитов крысы	120 и 500	ультратонкие срезы	Сотело и Трюхило-Ценос [38]
Профаза пыльников родов <i>Paeonia</i> , <i>Gasteria</i> , <i>Lilium</i> , <i>Agapanthus</i>	110—120	"	Бопп-Хассенкамп [33, 34]
Ооциты <i>Triturus viridescens</i>	500	"	Голл [41]
Ооциты <i>Necturus</i> sp., <i>Triturus</i> sp., <i>Pseudotritorus</i> sp., <i>Rana pipiens</i>	200 (сложены попарно, составляют 500)	ультратонкие срезы, напыленные ураном	Рис, Лафантен и Рис [13, 15, 30, 43]
Сперматиды <i>Melanoplus femurrubrum</i> , <i>Locusta migratoria</i>	100	ультратонкие срезы	Джиббонс и Бредфильд [46, 47]
Сперматиды <i>Helix pomatia</i>	70—80—100	"	Грассе, Карассо и Фарвард [48]
Сперматиды <i>Steatococcus tuberculatus</i>	30—40	"	Небель [51]
Сперматиды <i>Otala lactea</i>	60	"	Рехун [49]
Сперматиды <i>Gelastorrhines bicolor</i>	70	"	Язуцуми и Ишида [50]
Сперматиды <i>Chorthopaga viridifasciata</i> , <i>Chorthippus curtipennis</i> , <i>Romalea microptera</i>	100 40	"	Дасс и Рис [52]
Сперматиды <i>Dissosteira carolina</i> , <i>Melanoplus femurrubrum</i>	150—70	"	Голл и Бйорк [45]

Таким образом, почти все, кто исследовал с помощью электронного микроскопа ультраструктуру хромосом на различных стадиях клеточного деления, убеждаются в том, что элементарной (основной) морфологической единицей хромосомы является нить 100—200 Å . Что касается химического состава элементарных фибрилл, то в этом отношении мы располагаем еще весьма скудными сведениями. Известно только, что в состав этих фибрилл входят нуклеиновые кислоты, белки и бивалентные катионы, но о структурном их расположении данных почти нет.

Чрезвычайно интересны биохимические данные Бернштейна и Мазна [53], которые показали, что нуклеопротендные нити, изолированные из зрелых спермиев морского ежа, имеют 200—300 Å в толщину и приблизительно 4000 Å в длину. Толщина этих изолированных нитей нуклеопротенда соответствует диаметру элементарных фибрилл хромосомы при изучении в электронном микроскопе.

Мазна [54] предполагает, что палочки нуклеопротенда 4000 Å длиной, образующие элементарные фибриллы, соединены между собою мостиками катионов кальция и магния.

Амброзе [55] считает, что палочки нуклеопротенда соединены между собою ионами водорода.

Элементарные фибриллы хромосомы на поперечных срезах выглядят состоящими из двух слоев. Электронномикроскопические исследования показывают, что внешний слой фибриллы более плотен, чем ее внутренняя часть [12]. Мозес [35], однако, при изучении профазных хромосом рака, обнаружив их гетерогенную структуру, указал, что более плотной является центральная часть, которую окружает тонким концентрическим слоем менее плотное вещество. Подобные же структуры в хромосомах других объектов нашли Фауссет [37] и Сотело с Трюхилло-Ценозом [38].

Рис [15], основываясь на данных Френкель-Конрата [56], Френкель-Конрата и Вильямса [57] и Харта [58] о строении вируса табачной мозаики, являющегося рибонуклеопротендом, строит схему расположения нуклеиновой кислоты и белка в элементарной морфологической единице хромосомы. Этот вирус представляет собою палочку в 3000 Å длиной и 150—200 Å толщиной. Внутри частицы вируса расположена РНК, окруженная снаружи белковой оболочкой. Рис считает, что в элементарной фибрилле хромосомы сердцевина, аналогично вирусу табачной мозаики, состоит из ДНК, а наружный слой образован белком. Таким образом, элементарная фибрилла, или, как ее называет Рис, элементарная морфологическая единица хромосомы, представляет собою цилиндр со стенками толщиной в 40—50 Å, которые являются белковой оболочкой [14, 28]. При фиксации осмиевой кислотой белковая обкладка элементарной морфологической фибриллы сильнее воспринимает осмий. Если ДНК удалить ферментом дезоксирибонуклеазой, то хромосома в целом, а также составляющие ее элементарные фибриллы 100—200 Å, не изменяются морфологически [4, 14, 15, 28]. В этом можно видеть косвенное подтверждение предположения, что ДНК составляет сердцевину элементарной фибриллы. Поскольку известно, что петли «ламповых щеток» ооцитов земноводных и пуфов гигантских хромосом слюнных желез двукрылых очень богаты РНК, Рис не раз высказывал предположение, что в этих образованиях элементарные фибриллы в химическом отношении представляют собой рибонуклеопротенд. Согласно этому предположению петли «ламповых щеток» и пуфов состоят из субфибрилл, внутренний стержень которых образован РНК.

Выше уже отмечалось, что при преобразовании сперматиды в сперматозоид элементарные фибриллы значительно уменьшаются в толщине, доходя до 30—40 Å. Небель [51] объясняет это сокращение диаметра элементарной фибриллы уменьшением толщины белковой оболочки, которая в элементарных фибриллах сперматид равна лишь 6 Å. Поэтому вся фибрилла в целом приближается к размерам собственно централь-

ного дезоксирибонуклеопротендного стержня элементарной фибриллы других объектов. То же самое показано Дассом и Рисом [52] при цитохимическом изучении ядер сперматид некоторых прямокрылых. Авторы наблюдали изменение состава белков хромосомы ко времени уменьшения толщины фибрилл до 40 Å. При сопоставлении данных Небеля [51] с данными Дасса и Риса [52] нам представляется наиболее вероятным, что толщина белковой оболочки на стержне ДНК может меняться в зависимости от того, в каком состоянии находится ядро, в частности это может быть связано со стадией дифференциации клетки.

В противоположность изложенной выше гипотезе о строении элементарной фибриллы Лоумен [27] дает совершенно иную схему строения элементарных единиц хромосомы. По его представлениям, каждая нить является ни чем иным, как плотно скрученной спиралью белка толщиной в 100 Å, проходящей через всю длину хромосомы и несущей на себе отдельные нуклеопротендные гранулы размером 200—300 Å. Изучая хромосомы слюнных желез дрозофилы, он нашел, что в районах дисков гранулы располагаются на нити через каждые 100—400 Å, а в междисковых участках — с интервалами около 1000 Å. Таким образом, в предложенной Лоуменом схеме строения элементарной фибриллы белок представляет собой основной стержень, нуклеиновая же кислота находится лишь в гранулах, расположенных локально на поверхности спиральной белковой нити. Такое же представление о непрерывном белковом стержне в элементарной фибрилле с поверхностным расположением ДНК развивают Сотело и Трюхилло-Ценоз [38]. Этим и объясняется, по их мнению, сохранение целостности хромосомы при действии дезоксирибонуклеазы, которая, удаляя гранулы, не разрушает нитчатые структуры.

Итак, обе приведенные выше схемы строения элементарной фибриллы хромосомы отличаются друг от друга тем, что Лоумен предполагает поверхностное расположение ДНК, а Рис считает, что ДНК образует центральный стержень. Каким бы ни было в действительности взаимное расположение ДНК и белка в элементарных нитчатых структурах хромосомы, твердо установленным надо признать наличие фибрилл 100—200 Å, образующих основу хромосомы.

Переходя к вопросу о структуре хромосомы в целом, надо сказать, что и здесь, по крайней мере при построении общей схемы, нет больших разногласий. Большинство авторов сходится на том, что скелетной основой хромосомы являются так или иначе сгруппированные элементарные фибриллы, проходящие по всей ее длине и всегда образующие спирали. Что касается деталей строения хромосомы, то в настоящий момент существуют две различных гипотезы.

Согласно одной, развиваемой Аmano с сотрудниками [16], вся хромосома состоит из целого ряда спирально скрученных протохромонем. Тонкая нить — протохромонема, будучи свернута в спираль, образует так называемую субхромонему, толщина которой определяется диаметром спирали. Субхромонема будет казаться тем толще, чем сильнее спиральзованы протохромонемы. Каждая субхромонема, в свою очередь, спирально скручиваясь, образует хромонему. Несколько хромонем, перевиваясь, образуют хромосому. Авторами даны следующие размеры в ангстремах: хромосома — 500; хромонема 1000—1200 спирализованная (деспирализованная 300—350); субхромонема 260—300 спирализованная (деспирализованная 130); протохромонема 20—30.

Бопп-Хассенкамп [33, 34] на основании электронномикроскопических

исследований мейотических хромосом при образовании пыльцы некоторых растений. предложила сходную схему строения хромосомы. Ее схема отличается от предыдущей большим количеством порядков спирализованных нитей.

Однако большинство авторов, изучающих ультраструктуру хромосом, иначе представляет себе строение хромосомы. Согласно их гипотезе те же, по существу, спиральные структуры, также возникающие в результате спирализации нитей низшего порядка, всегда образуются парами фибрилл, перевитых одна вокруг другой [8, 9, 13—15, 28, 59].

Шигенага [59] считает, что хромосомы образованы спирально скрученными хромонемами. Каждая хромонема первого порядка состоит из двух закрученных одна вокруг другой хромонем второго порядка. Каждая такая хромонема второго порядка состоит из двух перекрученных хромонем третьего порядка и т. д. Наиболее тонкие нити, обнаруженные автором, имеют диаметр около 100—200 Å и являются хромонемами шестого порядка.

Кауфман и Мак Дональд [28] при изучении хромосом слюнных желез дрозофилы и мейотических хромосом традесканции нашли фибриллы диаметром 125 Å. Авторы предполагают, что каждая из них состоит из пары перекрученных нитей.

В ряде работ Риса на различных растительных и животных объектах также показана тенденция хромосомных фибрилл складываться в пары с образованием своеобразной иерархии пар. Элементарные морфологические единицы диаметром в 100 Å, складываясь попарно, образуют нити 200 Å. Те, в свою очередь, объединяясь парами, образуют фибриллы в 500 Å.

Далеко не решенными остаются вопросы о структуре хромомеров, гетерохроматических и эухроматических участков хромосом. Наиболее правдоподобной является схема строения, предложенная Рисом и его сотрудниками. Видимые на протяжении всей нити хромомеры согласно этой схеме являются участками с более сильной спирализацией [60, 13—15]. Гетерохроматические районы хромосомы также представляют собою более сильно спирализованные участки той же самой элементарной морфологической единицы. Правильность этой схемы подтверждается тем, что при обработке хромосомы 0,002 M цианистого калия, под влиянием которого раскручиваются нити, хромомеры во многих случаях исчезают. То же происходит и с гетерохроматическими районами: после обработки цианистым калием хромосомы окрашиваются равномерно [15].

В разработанных схемах строения хромосом не остается места для таких хорошо видимых в световой микроскоп структур, как матрикс или оболочка хромосомы. При электронномикроскопическом исследовании Де Робертис [39], Кауфман и Мак Дональд [28], Рис [13—15] и другие не обнаружили структур, соответствующих матриксу хромосомы. По предположению Риса и Мирского [61], Риса [13—15], матрикс, видимый в световой микроскоп, является артефактом, возникающим в результате грубой фиксации. Лоумен [27], Де Робертис [39], Мозес [35, 36], Рис [13—15], Шульц-Ларсен [32] на ультратонких срезах хромосом никогда не обнаруживали оболочек хромосом, в то время как клеточные оболочки, оболочки ядра и стенки митохондрий всегда хорошо видны.

Подводя общий итог, имеющимся в настоящее время данным об ультраструктуре хромосом, необходимо отметить, что твердо установлено на целом ряде объектов спирально-фибриллярная структура хромосом и что хромосома состоит из элементарных фибрилл 100—200 Å.

Небезынтересен тот факт, что фибриллы таких размеров встречаются как в растительных, так и в животных клетках. При помощи электронномикроскопической методики были установлены политенная природа всех хромосом, спиральная структура хромомера, изменение толщины элементарных нитей в процессе развития клетки и т. д. Все же остальные вопросы, касающиеся строения хромосом, строения и химического состава элементарных морфологических единиц, настолько не ясны, что пока приходится довольствоваться лишь гипотезами.

Метод электронномикроскопических исследований, приносящий с каждым днем новые данные о тонком строении биологических структур, открывает широкие перспективы для карнологии. Перед исследователями встает ряд вопросов, настоятельно требующих своего решения. За последнее время появилось несколько работ, в которых разрабатывается методика определения ДНК в электронном микроскопе [62—65]. Соединение этих методик с методом экспериментального изменения состава хромосом и рентгеноструктурного анализа позволит в будущем решить целый ряд важнейших вопросов и, в частности, вопрос о химическом составе и структурном расположении ДНК и белков в элементарной фибрилле хромосомы.

Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
11/VI 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. I. J. Heilweil, H. G. Heilweil a. Q. van Winkle, Electron microscopy of chromosomes in smears. Science, 116, 3001, 12—14 (1952).
2. I. H. Herskowitz, Electron microscopy of salivary gland chromosomes of Drosophila. J. Heredity, 43, 226—232 (1952).
3. J. Schultz-Larsen, M. Hauge a. F. Carlsen, Studies on the morphology of mammalian chromosomes by electron microscopy. I. A modified squash technique. Acta Path. et Microbiol. Scan, 30, 3—4, 306—310 (1952).
4. G. Yasuzumi, Z. Odate. a. Y. Ota, The fine structure of salivary chromosomes. Cytologia, 16, 233 (1951).
5. G. Yasuzumi a. A. Kondo, The physico-chemical properties of the sex chromosomes. J. of Heredity, 42, 5, 219—223 (1951).
6. W. Hovanitz, An electron microscope study of isolated chromosomes. Genetics, 82, 5, 500—504 (1947).
7. G. Yasuzumi, The microstructure of chromatin threads in the metabolic stage of the nucleus. Chromosoma, 4, 2, 222—231 (1951).
8. G. Yasuzumi, G. Miyao, Y. Yamamoto a. Y. Jakoyama, The microstructure and origin of threadlike bodies isolated from the metabolic nucleus. Chromosoma, 4, 3, 359—368 (1951).
9. G. Yasuzumi a. Y. Yamamoto, Electron microscopy of the erythrocyte nuclei of Sebastodes matsubarae. Cytologia, 18, 3, 240 (1953).
10. G. Yasuzumi, Electron microscopic study on constituent chromofilaments of metabolic chromosomes. Bioch. et Bioph. Acta, 16, 3, 322—329 (1955).
11. G. Yasuzumi a. S. Higashizawa, Submicroscopic structure of the carp erythrocyte as revealed by electron microscope. Cytologia, 20, 280—290 (1955).
12. H. Ris, The submicroscopic structure of chromosomes. The fine structure of cells. Noordhoff, 121 (1955).
13. H. Ris, A study of chromosomes with the electron microscope. J. Bioph. a. Bioch. Cyt., 2, 4, part 2, 385—393 (1956 a).
14. H. Ris, A study of chromosomes with the electron microscope. Inter. Genetics Symposia, 3—4, (1956 b).
15. H. Ris, Chromosome structure: A symposium on the chemical basis of heredity. Baltimore, 23—62 (1957).
16. S. Amano, S. Dohi, H. Tanaka, F. Uchino a. M. Hanaoka, The structure of the nucleus studied by electron microscopy in ultrathin sections with special reference to the chromonema — an advocacy of «subchromonema» and «protochromonema». Cytologia, 21, 3, 241—251 (1956).

17. P. F. Davison a. E. H. Mercer, Electron microscopy of cell nuclei isolated in aqueous media. *Exp. Cell Res.*, 11, 1, 237—239 (1956).
18. T. Pappas, Helical structures in the nucleus of *Amoeba proteus*. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 2, 221 (1956).
19. Г. П. Георгиев и Ю. С. Ченцов, О структуре клеточного ядра, ДАН СССР, 132, 1, 199—202, (1960).
20. G. Yasuzumi, The ultrastructure of mitotic chromosomes and of salivary gland chromosomes. *J. Appl. Physics*, 24, 11, 1420 (1953).
21. G. Yasuzumi a. K. Ito, Electron microscopy of salivary gland chromosomes. *J. Heredity*, 45, 3, 135—142 (1954).
22. G. Yasuzumi, Electron microscopy of chromosomes. *Inter. Genetic Symp., Japan*, 2—3 (1956).
23. G. Yasuzumi, Ultrastructure of salivary-gland chromosomes as revealed by electron microscopy. *Experientia*, 13, 8, 313—314 (1957).
24. H. Gay, Nucleo-cytoplasmic relations in salivary-gland cell of *Drosophila*. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 41, 370—375 (1955).
25. H. Gay, Chromosome-nuclear membrane-cytoplasmic interrelations in *Drosophila*, *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 2, 4, part 2, 407 (1956 a).
26. H. Gay, Nucleo-cytoplasmic relations in *Drosophila*. *Gold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol.*, 21, 257—269 (1956 b).
27. F. G. Lowman, Electron microscope studies on *Drosophila* salivary-gland chromosomes. *Chromosoma*, 8, 1, 30—52 (1956).
28. B. P. Kaufmann a. M. R. Mc Donald, Organization of the chromosomes. *Gold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biol.*, 21, 223—244 (1956).
29. B. P. Kaufmann a. D. N. De, Fine structure of chromosomes. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 2, 4, part 2, 419—423 (1956).
30. J. Lafontaine a. H. Ris, A study of lampbrush chromosomes with the electron microscope. *Genetics*, 40, 5, 579—580 (1955).
31. H. Ris, The submicroscopic structure of chromosomes. *Genetics*, 37, 619 (1952).
32. J. Schultz-Larsen, Some observations on the submicroscopic structure of mammalian chromosomes. *Acta Gen. et Stat. Med.*, 6, 2, 267—271 (1956—1957).
33. G. Bopp-Hassencamp, Lichtmikroskopische und elektronenoptische Untersuchungen über den Aufbau pflanzlicher Chromosomen in Pachytän der Meiosis. *Protoplasma*, 50, 2, 243—268 (1959 a).
34. G. Bopp-Hassencamp, Untersuchungen über die submikroskopische Fibrillenstruktur von Kern und Nucleolen. *Zeitschrift für Naturforschung*, 14 b, 3, 188—194 (1959 b).
35. M. J. Moses, Chromosomal structures in crayfish spermatocytes. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 2, 2, 215—218 (1956 a).
36. M. J. Moses, Studies on nuclei using correlated cytochemical, light and electron microscope techniques. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 2, 4, part 2, 397—405 (1956 b).
37. W. Don Fawcett, The fine structure of chromosomes in the meiotic prophase of vertebrate spermatocytes. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 2, 4, 403—407 (1956).
38. J. R. Sotelo a. O. T. Trujillo-Cenos, Submicroscopic structure of meiotic chromosomes during prophase. *Exp. Cell Res.*, 14, 1, 1—9 (1958).
39. E. De Robertis, Electron microscopic observation on the submicroscopic morphology of the meiotic nucleus and chromosomes. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 2, 6, 785—797 (1956).
40. E. Guye'not a. M. Dannon, Chromosomes et ovocytes de Batraciens. *Revue Suisse de Zoologie*, 60, 1—129 (1953).
41. J. G. Gall, On the submicroscopic structure of chromosomes. *Brookhaven Symp. Biol.*, 8, 17—32 (1955).
42. H. Ris, The structure of meiotic chromosomes in the grasshopper and its bearing on the nature of «chromomeres» and «lamp-brush» chromosomes. *Biol. Bull.*, 89, 242—257 (1945).
43. J. Lafontaine a. H. Ris, An electron microscope study of lampbrush chromosomes. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 4, 1, 99—107 (1958).
44. W. Beerermann a. G. F. Bahr, The submicroscopic structure of the Balbiani-ring. *Exp. Cell Res.*, 6, 195—202 (1954).
45. J. G. Gall a. L. B. Bjork, The spermatid nucleus in two species of grasshopper. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 4, 4, 479—484 (1958).
46. I. R. Gibbons a. J. R. G. Bradfield, The fixation of cell nuclei by osmium tetroxide. *Bioch. et Bioph. Acta*, 22, 3, 506—513 (1956).
47. I. R. Gibbons a. J. R. G. Bradfield, The fine structure of nuclei during sperm-maturation in the locust. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 3, 2, 133—141 (1957).
48. P. P. Grassé, N. Carasso et P. Favard, Les ultrastructures cellulaires au cours de la spermiogenèse de l'escargot (*Helix pomatia* L.). Evolution des chromosomes, du chondriome, de l'appareil de Golgi, etc. *Annales des sciences naturelle zoologie et biol. animal*, 18, II, 339—380 (1956).

49. L. I. Rebhun, Nuclear changes during spermiogenesis in a pulmonate snail. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 3, 4, 509—525 (1957).
50. G. Yasuzumi a. H. Ishida, Spermatogenesis in animals as revealed by electron microscopy. II. Submicroscopic structure of developing spermatid nuclei of grasshopper. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 3, 5, 663—668 (1957).
51. B. R. Nebel, Chromosomal and cytoplasmic microfibrillae in sperm of an iceryine coccid. *J. Heredity*, 48, 2, 51—56 (1957).
52. C. M. S. Dass a. H. Ris, Submicroscopical organization of the nucleus during spermiogenesis in the grasshopper. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 4, 1, 129—132 (1958).
53. M. N. Bernstein a. D. Mazia, The desoxyribonucleoprotein of sea urchin sperm. *Bioch. et Bioph. Acta*, 11, 59—68 (1953).
54. D. Mazia, The particulate organization of the chromosome. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 40, 521—527 (1954).
55. E. J. Ambrose, The structure of chromosomes. *Progress in Biophysics*, 6, 25 (1956).
56. H. Fraenkel-Conrat, The tobacco mosaic virus is composed of protein and nucleic acid, which may be separated by gentle chemical treatment when the two components are mixed together, they form infective virus particles. *Scientific American*, 42, 194 (1956).
57. H. Fraenkel-Conrat a. R. C. Williams, Reconstitution of active tobacco mosaic virus from its inactive protein and nucleic acid components. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 41, 690 (1955).
58. R. G. Hart, Electron-microscopic evidence for localisation of ribonucleic acid in the particles of tobacco mosaic virus. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 41, 261 (1955).
59. M. Shigenaga, On the structure of cell nuclei and chromosomes. *Inter. Gen. Symposia*, 2 (1956).
60. H. Ris a. H. Crouse, Structure of the salivary gland chromosomes of Diptera. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 31, 321 (1945).
61. H. Ris a. A. E. Mirsky, The state of the chromosomes in the interphase nucleus. *J. Gen. Physiol.*, 32, 4, 489—502 (1949).
62. Q. van Winkle, M. W. Renoll, I. S. Garvey, E. S. Palic a. A. F. Prebus, Electron microscopy of isolated chromosomes. *Exp. Cell Res.*, 5, 1, 38—47 (1953).
63. M. H. Bernstein, Iron as stain for nucleic acids in electron microscopy. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 2, 5, 633—634 (1956).
64. L. G. Caro, R. P. van Tubergen a. F. Forro, The localisation of desoxyribonucleic acid in *Escherichia coli*. *J. Bioph. a. Bioch. Cyt.*, 4, 4, 491—494 (1958).
65. A. Jurand, K. Deutsch a. A. E. G. Dunn, Application of the silver-Feulgen reaction in electron microscopy. *J. Roy. Microscop. Soc.*, 47 (1958).

А. Я. КЛОЧКОВА

ВЛИЯНИЕ ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЖИВОТНЫХ

Проблема фотопериодизма, т. е. влияние различной длительности светового дня на процессы жизнедеятельности организма, является одной из наиболее молодых в современной биологии. Не удивительно, что она привлекла внимание ученых. Из года в год расширяется фронт исследований как по количеству вовлекаемых объектов, так и по направленности исследований.

Вскоре после открытия Гарнером и Аллардом [1] явления фотопериодизма на растениях оно стало изучаться на домашних птицах и млекопитающих. Первые результаты, полученные на птицах, были удивительными: длительность светового дня оказалась мощным регулятором яйценоскости и линьки — двух тесно связанных физиологических процессов. Вторыми по полноте изученности являются пушные звери. Оказалось, что фотопериодической регуляции подвержены как половой процесс, так и созревание меха. Попутно с 1936 г. стали накапливаться данные о влиянии фотопериодических условий на овец, коз, лошадей, коров и свиней. Однако, судя по обзорной статье Интса [2], значительный прогресс достигнут только в овцеводстве.

В то же время литературные данные свидетельствуют о наличии значительного фотопериодического резерва продуктивности по шерсти, мясу, молоку. Особенно перспективным нам казалось использование фотопериодических условий при откорме свиней.

О желательности откорма свиней в темных или полутемных помещениях писали еще в прошлом столетии. Но непрерывное затемнение было мало пригодно для широкой практики, поскольку затрудняло как обслуживание животных, так и вентиляцию помещений. Поэтому до последнего времени единственными рекомендациями, учитывающими световое воздействие, остаются нормы по так называемым световым коэффициентам.

Как показывает современная литература, действие видимого света зависит от трех условий: длительности светового дня, освещенности и спектрального состава. Наибольшее значение из них имеет ритм света и темноты, т. е. соотношение длительности непрерывного освещения и непрерывной темноты.

В последние годы проведены исследования по применению сокращенного светового дня при откорме свиней, показавшие, что короткий световой день в той или иной мере стимулирует откорм. Однако при этом авторы не дифференцировали влияние длительности светового дня, освещенности и спектрального состава. Последнее особенно важно учитывать, так как, в отличие от света обычных ламп накаливания и рассеянного света, солнечный свет содержит в своем составе ультрафиолетовые и инфракрасные излучения, оказывающие сильное биологическое действие.

В связи с изложенным, целью наших исследований было изучение влияния различной длительности светового дня (фотопериодических условий) на вегетативные функции свиней, откармливаемых до мясных и жирных кондиций, на половые функции свинок и нервно-мышечную возбудимость.

Материал и методика исследований

Научно-хозяйственный опыт проведен в совхозе «Знамя Октября» Московского свиноводческого треста с 14 сентября 1957 г. по 17 февраля 1958 г.

Для исследований было отобрано 210 подсвинков крупной белой породы, из которых 114 (4-месячного возраста со средним живым весом 43 кг) — для мясного откорма и 96 (6,5—7-месячного возраста со средним живым весом 70 кг) — для жирного откорма. Опыт проводился по следующей схеме:

- I группа — контрольная: длительность светового дня 18 час.*,
ритм освещения: 18 час. с., 6 час. т.**
- II группа — опытная: 12 час. с. (7 с. — 4 т. — 5 с. — 8 т.).
- III группа — опытная: 6 час. с. (3 с. — 8 т. — 3 с. — 10 т.).

Подопытные животные были размещены в одном свиномышнике в 6 смежных станках, оборудованных до потолка деревянными перегородками, обитыми толью. Кроме того, полная темнота и нормальная вентиляция достигались завешиванием на половину или на три четверти окон толевыми занавесками снаружи и откидыванием светонепроницаемых фрагм изнутри свиномышника.

Дневной свет, проходящий через оконные стекла и пустотные лампы накаливания, создает только видимое освещение, поскольку известно, что биологически активный ультрафиолетовый свет через стекла не проходит, а инфракрасный свет, ввиду слабой мощности электрических ламп, практически отсутствует.

Кормление подопытных животных было групповым и соответствовало нормам, рекомендуемым ВИЖем. В опыте учитывалось количество заданных кормов и остатков.

Влияние фотопериодических условий на вегетативные функции свиней

В продолжении опыта животных взвешивали индивидуально один раз в месяц в течение двух смежных дней. В конце откорма был произведен контрольный забой 36 животных, по 6 из каждой группы, с последующей обвалкой туш и определением качества продуктов забоя (табл. 1).

Быстрее росли на протяжении опыта подвинки 12-часового светового режима. В этом сравнении 6-часовой световой день несколько задерживал рост молодых свиней (откорм до мясных кондиций) и напротив стимулировал рост старших подсвинков (откорм до жирных кондиций) в первые месяцы опыта. Однако дальнейшее пребывание последних при таком большом ограничении света привело к некоторой депрессии роста.

* Освещение естественное + электроподсветка двумя лампами в 150 вт на 2 смежных станках.

** с. — свет; т. — темнота.

Таблица 1

Изменение живого веса, количества и качества мясо-сальной продуктивности подопытных животных

Группы	Живой вес в начале опыта	Живой вес в конце опыта	Вес охлажденной туши	В т. ч. мяса	Жира наружного	Костей	Вес внутрен. жира	Калорийность жира подкожного
Откорм до мясных кондиций								
I (18 ч. с.)	43,9	97,0	56,4	33,541	15,750	7,110	3,074	8900,2
II (12 ч. с.)	43,2	103,5	62,1	37,260	17,915	6,925	3,762	9104,9
III (6 ч. с.)	43,0	100,6	58,7	34,080	18,220	6,400	4,046	8065,5
Откорм до жирных кондиций								
I (18 ч. с.)	70,4	131,7	80,9	48,028	22,422	10,450	4,820	9130,2
II (12 ч. с.)	70,2	140,6	88,2	51,040	26,575	10,585	6,010	9336,8
III (6 ч. с.)	70,3	138,6	85,3	49,130	26,060	10,110	7,219	8443,0

Данные об изменении живого веса подсвинков, обработанные по группам методом вариационной статистики, свидетельствуют о достоверности разницы, за исключением 6-часовой группы мясного откорма, разница которой близка к достоверности.

Необходимо отметить, что большая прибавка в весе животных опытных групп не требовала дополнительных затрат кормов, что указывает на их лучшую оплату корма. Разница в живом весе, достигнутая на опытных животных за период откорма, сохраняется и в убойном весе.

Подсвинки 12-часовых групп дали сала на 15,1% больше контрольных при мясном откорме и на 19,6% — при жирном откорме. Важно отметить, что животные этих групп превышали контрольных и по количеству мяса: на 3,7 кг, или 11%, при мясном откорме и на 3,0, или 6,2%, — при жирном откорме.

От подсвинков 6-часовых групп получено сала на 18,2% больше, чем от контрольных при мясном откорме и на 22,1% — при жирном. По количеству же мяса различия незначительны.

Следовательно, световой день средней продолжительности (12 час.) способствовал наряду с жиросотложением образованию мышечной ткани, а короткий световой день (6 час.) стимулировал отложение только жировых резервов. Об этом свидетельствуют и убойные выходы.

Мясная продукция животных, откармливавшихся в различных световых условиях, по химическому составу практически не различается. Но качество жира свиней, содержащихся в условиях 6-часового светового дня, резко снижается за счет большего накопления воды (3,4—4,6%) и меньшего содержания жира (на 3,8—4,8%), в связи с чем, очевидно, снизились и его физические свойства: температура плавления, подное число, а также калорийность.

Состояние щитовидной железы

При забое свиней в конце опыта было извлечено 148 щитовидных желез. Вес желез свиней опытных групп превышал вес желез свиней контрольных групп (табл. 2). Наблюдаемая разница статистически достоверна или близка к достоверности.

Известно, однако, что процессы накопления и выведения гормона щитовидной железы тесно переплетаются и не всегда могут отражаться на весовых данных. Очевидно, для оценки функции щитовидной железы

Таблица 2

Вес и данные гистологического исследования щитовидных желез подопытных свиней

Показатели	Откорм до мясных кондиций (возраст 8 месяцев)			Откорм до жирных кондиций (возраст 10,5—11 месяцев)		
	I контр.	II оп.	III оп.	I контр.	II оп.	III оп.
Кол-во исследованных желез	30	28	24	25	22	19
Абсолютный вес	средний	7,730	9,004	9,545	10,489	12,236
	минимальный	4,500	5,700	5,400	5,770	8,150
	максимальный	11,380	15,250	16,050	14,550	16,850
В % к контролю	100	116,4	123,4	100	116,6	116,9
Диаметр фолликулов (в μ)	—	—	—	123,13	133,91	139,80
Высота эпителия (в μ)	—	—	—	10,28	6,24	5,70

необходимы гистологические исследования. В этих целях железы после взвешивания фиксировались жидкостью Буэна и заливались парафином. Для гистологических исследований образцы были взяты от 4 боровков каждой группы жирного откорма. На каждое животное готовилось 3 препарата. Срезы толщиной 8—10 μ окрашивались гематоксилином и эозином. На каждом препарате производилось 100 измерений высоты фолликулярного эпителия и диаметра фолликулов.

Данные гистологического исследования показали, что у свиней длиннодневной группы меньший диаметр фолликулов и большая высота эпителия, чем у свиней короткодневных групп.

Об этом наглядно свидетельствуют и микрофотографии (рис. 1, 2).

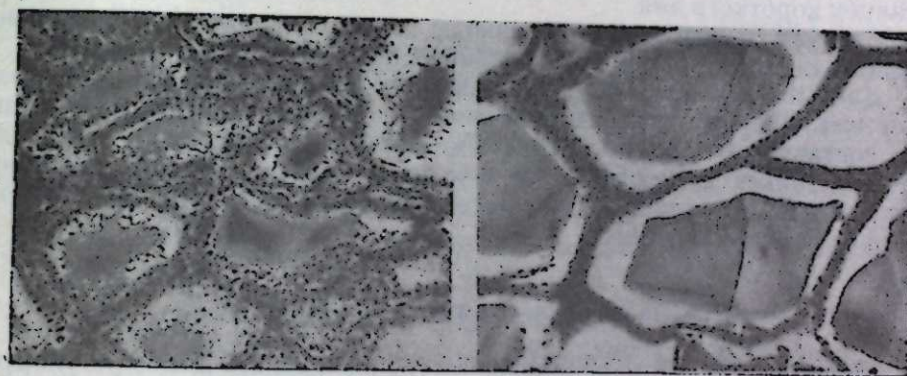


Рис. 1. Гистологическое строение щитовидной железы (ув. 7×8). Животное № 51 (контрольная группа), возраст 11 месяцев, окраска гематоксилин-эозином.

Рис. 2. Гистологическое строение щитовидной железы (ув. ок. 7×8). Животное № 29 (III опытная группа), возраст 11 месяцев, окраска гематоксилин-эозином.

Влияние фотопериодических условий на половые функции свинок

Влияние фотопериодических условий на половую систему изучалось на свинках жирного откорма, поскольку к началу опыта (в возрасте 6,5—7 мес.) они наиболее полно проявляли половой инстинкт. В каждой группе было равное количество свинок, по 17—18 голов.

Половая цикличность

В течение опыта ежедневно велся учет эстрального состояния свинок, которое определялось по внешнему виду наружных половых органов: форме, цвету, размеру вульвы, наличию истечений; учитывалось и сексуальное поведение животных (табл. 3).

Таблица 3

Группы	Индивидуальная продолжительность половых циклов				
	Количество свинок с циклом (в днях)				
	12-14	15-17	18-22*	23-30	св. 30
I контрольная	4	7	5	1	—
II опытная	—	1	6	8	2
III опытная	—	—	3	10	5

* Нормальный половой цикл свиной повторяется через 18-22 дня (Редькин [3]).

Как видно, у одних свинок в различных световых условиях сохранился нормальный половой цикл, у других он изменился; у контрольных — главным образом в сторону сокращения; у опытных — в сторону удлинения.

Иначе говоря, эструс у свинок длиннодневной группы наступал более часто, циклы были короче, а длительность диэструса меньше, чем у свинок короткого дня.

Следует отметить, что в периоды эструса свинки короткодневных групп вели себя значительно спокойнее, полностью поедали корма.

Данные изучения функционального состояния яичников показали, что с уменьшением длительности светового дня уменьшается вес яичников, составляя от контроля 75-81%. Характерно при этом преобладание в яичниках контрольных свинок более крупных созревающих фолликулов, что, очевидно, следует рассматривать как признак их интенсивности функционирования.

Гонадотропная активность гипофиза

Известно, что функциональное состояние половых желез регулируется гонадотропными гормонами передней доли гипофиза. Поэтому для оценки влияния фотопериодических условий на половую систему было важно определить их влияние на гонадотропную активность гипофиза.

С этой целью исследовались гипофизы свиной контрастных световых режимов — 18- и 6-часового — путем инъекций инфантильным мышам ацетонового препарата гипофизов по методике Кабака [4].

Полученные данные показывают, что под влиянием экстракта из гипофизов свиной длиннодневной группы у мышей раньше наступало половое созревание, чем у мышей, которым вводились экстракты гипофизов свиной короткодневной группы.

Об этом же свидетельствуют четкие различия в весе матки и яичников мышей (табл. 4, рис. 3, 4).

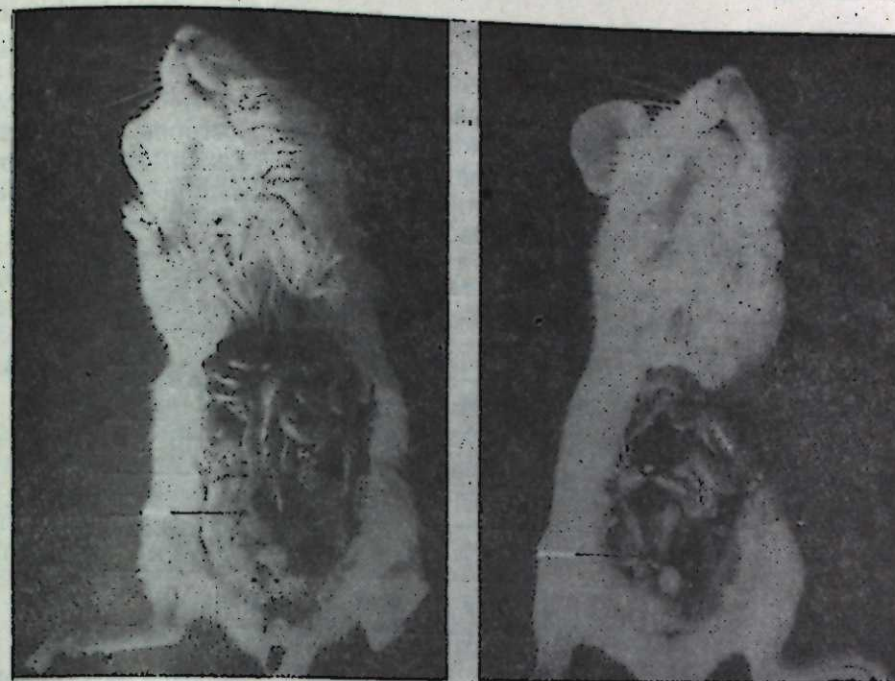


Рис. 3. Экстракт из гипофизов свинок длиннодневной группы вызвал сильное увеличение матки и ее рогов у инфантильной мыши.

Рис. 4. Экстракт из гипофизов свинок короткодневной группы вызвал незначительное увеличение матки и ее рогов у инфантильной мыши.

Таблица 4

Гонадотропная активность гипофиза свиной (за 4 серии в среднем)

Группы	Количество обработанных мышей	Реакция инфантильных мышей				
		состояние влагалища			вес матки и яичника	
		закрытое	набухшее	открытое	мг	в % к световой группе
I контр.	16	2	3	11	29,37	100
III опыт.	16	10	5	1	13,67	46,5

Влияние фотопериодических условий на нервно-мышечную возбудимость

Изучение хронаксии

Для изучения состояния нервно-мышечного аппарата подопытных животных мы применили методику электрохронаксиметрии. Исследования проводили на свиньях жирного откорма, контрастных световых режимов. Для этого было отобрано по 5 свиной из группы (4 свинки, 1 боровок) в возрасте 10,5-11 месяцев, аналогов по живому весу.

Хронаксиметрию проводили при помощи электронного хронаксиметра, приспособленного для исследования электровозбудимости периферических нервных стволов и мышц. Кривая электровозбудимости опреде-

лялась на боковом пальцевом разгибателе (*m. extensor digitalis lateralis*); иннервирующемся дорзальным плюсневым нервом (*n. metatarses dorsalis*) правой задней ноги.

Хронаксиметрия подопытных свиней проводилась в течение двух дней, причём в каждый из них основная кривая электровозбудимости снималась в среднем 5 раз. На основании данных хронаксиметрии строилась кривая зависимости направления, вызывающего пороговое сокращение от длительности импульса (табл. 5).

Таблица 5

Величина хронаксии подопытных свиней						
Хронаксия (σ)	I контрольная группа					в среднем
	№ 8	№ 201	№ 44	№ 108	№ 109	
	0,17	0,18	0,19	0,19	0,19	
Хронаксия (σ)	III опытная группа					в среднем
	№ 20	№ 129	№ 36	№ 14	№ 54	
	0,20	0,21	0,19	0,22	0,26	

Кривые хронаксии исследуемых животных различаются величиной. Хронаксия свиней длиннодневной группы составляет в среднем 0,18σ, колеблясь от 0,17 до 0,19σ, что является максимальной величиной в данной группе. Характерно, что хронаксия свиней короткодневной группы колеблется от 0,19σ (минимальная величина для этой группы) до 0,26σ, составляя в среднем 0,22σ.

Обработка величин хронаксии методом вариацонной статистики показала, что разница между группами достоверна.

Обсуждение результатов

Проведенные исследования позволяют судить о влиянии различной продолжительности светового дня на прирост живого веса свиней. При прочих равных условиях увеличение привесов за счет светового фактора составило 4,5—9 кг, или 8,4—14,8% в пользу опытных групп.

Изучение динамики привесов показало, что из опытных групп 6- и 12-часового светового режима, лучшие результаты принадлежат последним. Не менее важным является факт стимуляции 12-часовым световым днем роста, наряду с жировой, мышечной тканями, и получения в конце откорма мясной туши.

Наши данные увеличения общего привеса и убойного веса свиней, откармливаемых в условиях сокращенного светового дня, согласуются с результатами исследований других авторов (Цимборович [5]; Мак-Картни [6]; Слободжанова [7]; Шурмухин и др. [8]; Переферкович и Романчук [9]; Шульженко и Гуляева [10]).

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о существенном влиянии фотопериодических условий на физиологические функции и направленность обмена веществ откармливаемых свиней.

Обратимся к современным представлениям физиологических механизмов фотопериодических реакций.

К настоящему времени доказана двойная оптико-гипофизарная иннервация: короткий — ретиногипофизарный путь и длинный — через корковые поля зрительных анализаторов и промежуточный мозг.

Наиболее убедительные данные представлены в пользу того, что при фотопериодических воздействиях нервное возбуждение идет от сетчатки по зрительным нервам через зрительные центры к гипоталамусу. Исследованиями Шапиро [11] показано, что у костистых рыб, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих имеются пучки волокон, отходящие от дорзальной поверхности хиазмы и входящие в базальные отделы промежуточного и переднего мозга. Они связывают хиазму с гипоталамическими и стриарными образованиями, распределяясь диффузно в перивентрикулярных ядрах, преоптическом ядре и в центральном сером веществе третьего желудочка. Эти связи можно назвать оптико-вегетативными, поскольку они объединяют зрительные пути с вегетативными центрами. Этот нервный путь продолжается в переднюю долю гипофиза [12].

Приведенные данные о связях глаза с гипоталамусом и гипофизом вскрывают единую материальную основу действия света на различные физиологические процессы у позвоночных животных. На основе зрительной функции глаза реализуются еще вегетативно-генеративные функции, поэтому можно говорить о единой вегетативно-генеративной оптической системе. В ее основе лежит триада: зрительный путь — промежуточный мозг — гипофиз.

Будучи, с одной стороны, непосредственно связан с головным мозгом и находясь в единстве с гипоталамусом, а с другой, продуцируя многие гормоны, гипофиз является основным узлом, где переключаются начальные световые импульсы в гуморальные звенья эфферентных цепей. Такими звеньями являются тиреотропный и гонадотропный гормоны.

Полученные нами данные о физиологическом состоянии щитовидной железы позволяют заключить, что в условиях длинного светового дня железы функционируют более активно, вследствие чего накапливающийся коллоид секретуруется в кровь. В условиях сокращенного светового дня коллоид образуется, но выведение его задерживается.

В свете приведенных данных об изменении состояния щитовидной железы намечаются определенные возможности понимания одного из путей влияния длительности светового дня на привесы свиней. Видимо, существует прямая связь между длительностью светового дня и количеством тироксина в крови. Степень белкового и жирового катаболизма находится в прямой зависимости от концентрации тироксина.

В пользу подобного суждения говорят полученные нами данные газообмена, которые показывают, что окислительные процессы в условиях короткого светового дня протекали менее интенсивно. Снижение обмена веществ с преобладанием синтеза белков, жиров и углеводов способствовало в конечном итоге повышению привесов опытных животных.

Нами отмечена определенная разница в гонадотропной активности гипофизов свинок различных фотопериодических условий. Длинный световой день в продолжение откорма способствовал, очевидно, повышению концентрации гонадотропного гормона, следствием чего явилась интенсивная половая деятельность свинок: более частые половые циклы, увеличение массы яичников и количества более крупных по размерам фолликулов, а также желтых тел. Напротив, в условиях короткого светового дня концентрация гонадотропного гормона понижалась, что и обусловило угнетение половой активности свинок.

Полученные экспериментальные данные о влиянии длительности дня на гонадотропную активность согласуются с данными Бенуа [13, 14], Санчеэ-Сальво [15], Бенуа и др. [16], Новикова [17].

Клинические исследования указывают на определенную связь овариальной функции с обменом веществ, повышение ее деятельности усиливает белковый и жировой обмен, а ее снижение уменьшает активность метаболизма [18, 19].

Очевидно, пониженная функция половых желез свинок в условиях сокращенного светового дня также оказала определенное влияние на течение обмена веществ и в конечном счете на отложение запасных резервов. В результате этого свинки прибавляли в весе не меньше своих аналогов борзков и к концу откорма весили наравне с ними.

На этом основании мы склонны считать, что сокращение светового дня содержит в себе элементы «биологической кастрации» и является ценным при откорме животных.

Данные нашего исследования показали, что в условиях длинного светового дня хронаксия уменьшается, а при коротком дне — увеличивается.

Удлинение хронаксии, как это известно из литературы, свидетельствует о преобладании тормозных процессов в нервно-мышечном аппарате.

Возможно, что уменьшение концентрации тироксина, половых гормонов в крови свиной короткого светового дня является фактором, понижающим возбудимость нервной системы и мышечную активность. С уменьшением мышечных движений связан меньший расход энергии, запасных веществ, а следовательно и большее их накопление.

Эндокринные функции осуществляются под регулирующим влиянием центральной нервной системы, благодаря непосредственной связи гипоталамуса с корой головного мозга. Последняя, по меткому выражению И. П. Павлова, является «распорядителем и распределителем всей деятельности организма» и «держит в своем ведении все явления, происходящие в теле» [20].

Изучая пути передачи импульсов от коры головного мозга к тканям и их влияние на окислительные процессы, школа Быкова установила, что пути эти различны и зависят от механизма соответствующих безусловных раздражителей. Поэтому обмен веществ представляется сложной функцией, регулируемой различными частями нервной и гуморальной систем организма.

В свете изложенного причину глубокого влияния фотопериодических условий на многие стороны жизнедеятельности следует видеть в их воздействии на всю нейрогуморальную систему целостного организма.

Выводы

1. Сокращение светового дня повышает привесы откармливаемых свиной без дополнительных затрат кормов на 13,5—14,8% при 12-часовом дне и 8,4—11,4% при 6-часовом дне.

Животные, откармливаемые в условиях сокращенного светового дня, имели при забое больший убойный вес, больше мяса на 11—6,2% и жира на 15,1—19,6% при 12-часовом дне и на 18,2—22,1% больше жира при 6-часовом дне. Однако подкожный жир у животных последней группы был пониженного качества.

2. Функциональное состояние щитовидных желез зависит от длительности светового дня, при коротком световом дне активность снижается.

3. Фотопериодические условия влияют на половые функции. У свинок, содержащихся при длительном световом дне, чаще чем при

сокращенном дне, наступает эструс, сокращается длительность диэструса.

4. Величина хронаксии наибольшая при коротком и наименьшая при длительном световом дне, что свидетельствует об угнетающем влиянии короткого светового дня на нервно-мышечную возбудимость.

Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения АН СССР
Новосибирск

Поступила в редакцию
25/X 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. W. W. Garner, H. A. Allard, Effect of the relation of length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. I. Agr. Res. 18, 1920.
2. Н. Т. Игтс, Влияние дневного света на животных. В кн. Новое в физиологии домашних животных. Сельхозгиз, I, 1958.
3. А. П. Редькин, Свиноводство. М., 1956.
4. Я. М. Кабак, Практикум по эндокринологии. М., 1945.
5. А. Ф. Цимборович, Влияние светового режима на половые функции у овцематок. Научн. зап. Херсонского с.-х. ин-та им. А. Д. Цюрупы, V, 1955.
6. Mac-Cartney, The effect of day-length on rate of growth, feed conversion, feathering and market quality of turkeys. Poultry Sci. 352, 1956.
7. Г. В. Слободжанова, О влиянии светового режима на окислительную функцию эритроцитов свиной при откорме. Тр. Воронежск. зовет. ин-та, XV, 1957.
8. А. Ф. Шурмухин, Е. Ф. Маркин, М. С. Сулейманов, Влияние затемнения на интенсивность жиروتложения у свиной. Тр. Свердловск. с.-х. ин-та, 1957.
9. М. С. Переферкович, И. И. Романчук, В содружестве с учеными. Созхоз «Выборгский», Лениздат, 1957.
10. И. Ф. Шульженко, Н. Д. Гуляева, Влияние покоя и сна на продуктивность свиной при откорме. Животноводство. М., 2, 1959.
11. Б. И. Шапиро, Материалы по эволюционной физиологии, вып. II, изд. АН СССР, 1957.
12. R. Collin, Les hormones sexuelles Edited G. Broun, Paris, 1938.
13. G. Benoit, Facteurs externes et internes de l'activite sexuelle. I. Stimulation par la lumiere de activite sexuelle chez le canard et la cane domestique. Bul. biol. France. Belgique 70, 1936.
14. G. Benoit, Facteurs externes et internes de activite sexuelle. II. Stude du mecanisme la stimulation par la lumiere de activite testiculaire chez. le canard domestique. Bole de Hypophuse. Bull. Biol. France et Belg, 71, 1937.
15. R. Sanchez-Calvo, Der Einfluss der Dunkelheit auf das Zellbild der Hypophuse. Virchow's Arch. 300, 1937.
16. G. Benoit, J. Assenmacher, F. Walter, Achivite gonadotrope de Hypophust du canard domestique, au cours de la regression tecticulaire saisonniere et de le prepuberte. C. R. soc. Biol. 1950, 164.
17. Б. Г. Новиков, Экспериментальный анализ половых и сезонных различий в реакции гонад птиц на свет. Тр. Ин-та зоолог., УССР, вып. 12, 1955.
18. B. A. Zondek, Die hormone des ovariums and des Hypophysen vorder lappens. verl., 1935.
19. С. М. Павленко, Яичники (материалы по физиологии). М., 1938.
20. И. П. Павлов. Соч. т. 3, кн. 2. М., 1951, стр. 410.

В. Д. ПАСТУХОВ

ОБ ОСЕННЕМ И РАННЕЗИМНЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НЕРПЫ НА БАЙКАЛЕ

Единственный из млекопитающих эндемик Байкала — байкальская нерпа (*Phoca sibirica* Gmelin) — издавна привлекает внимание многих исследователей фауны этого уникального озера как с биоэкологической, зоогеографической, так и с промысловой точек зрения. Между тем до настоящего времени остается почти неизвестным ее осенний образ жизни. В данном сообщении мы поставили задачей в какой-то мере восполнить этот пробел и остановиться на осеннем и раннезимнем распределении нерпы на Байкале, ее миграциях и лежбищах.

Материалом послужили наши наблюдения с экспедиционного катера байкальской лимнологической станции «Академик В. А. Обручев», проводившиеся в различных частях Байкала в сентябре — декабре 1958 г. и в октябре — декабре 1959 г. Кроме того, получены опросные сведения от 23 охотников-нерповщиков.

Литературные данные по интересующему нас вопросу довольно незначительны. Краткие описания нерпы и ее промысла даны первыми исследователями Байкала — И. Г. Георги [1], П. С. Палласом [2], Г. Радде [3]. Однако только у последнего автора имеются указания (со слов охотников) на довольно частую встречу нерпы осенью по восточному берегу озера на участке между устьями рек Баргузина и Селенги. В статьях и заметках более поздних исследователей XIX столетия — Б. Дыбовского и В. Годлевского [4—6], Н. И. Витковского [7] и Д. Кузнецова [8], И. К. Малинина [9], П. Е. Кулакова [10] — каких-либо данных об осенней жизни и распространении нерпы на Байкале нет вообще.

Интересные сведения приводит К. Л. Сабанеев [11]. Автор указывает на наличие осенних ледовых скоплений нерпы в Чивыркуйском заливе Байкала и дает описание сроков и способов осеннего промысла. З. Ф. Сватош [12, 13] также отмечает концентрацию нерпы осенью в Чивыркуйском заливе, Т. М. Иванов [14] на основании опросных сведений говорит о большой численности зверей: в отдельных залежах («урганах») насчитываются сотни и тысячи голов — исключительно половозрелые беременные самки.

В монографии Т. М. Иванова [14] имеются довольно подробные сведения о летних береговых лежбищах байкальского тюленя. Автор указывает их свыше 20 и отмечает, что они перестают посещаться нерпой в начале октября.

Осенние лежбища и миграции

В сентябре — октябре 1958 г. и ноябре 1959 г. нами произведен осмотр ряда летних лежбищ нерпы как по западному, так и по восточному побережью оз. Байкал. Сюда относятся лежбища, расположенные в районе р. Мысовой, по восточному берегу о. Ольхон (мысы Ухан,

Ижмией, Хобой), у р. Ледяной, на мысе Котельниковском. Обследованы летние лежбища по северо-восточному побережью в губах Фролиха и Аяя, на мысах Немнянка, Тукала-Рагда, Хакусы, Турали и в районе Ушканьих островов.

Наши наблюдения и опросные данные показывают, что нерпа в осеннее время не только не выходит на прибрежные камни, но, по-видимому, вообще отсутствует у летних лежбищ. Присутствие зверя в тех или иных местах, даже «на воде», установить нетрудно, так как привлеченная шумом катера в некотором отдалении от него (50—300 м) нерпа обычно высовывает из воды голову или «приподнимается» до передних ластов. Отход зверей с летних лежбищ падает на конец сентября — начало октября. Так, в 1959 г. в районе Ушканьих островов последний раз видели нерп 28 сентября. П. И. Мартынов (Баргузинский заповедник) сообщал, что выход нерпы на прибрежные камни в районе пос. Давше наблюдался до 4 октября, после чего звери исчезли и больше здесь не появлялись. Опросенные охотники-нерповщики также указывают примерно на эти даты отхода нерпы из районов летнего обитания.

Обследование восточного берега озера показало, что нерпа подходит к берегу и с возникновением заберег образует ледовые лежбища в определенных районах этого побережья. Это прежде всего районы, наиболее защищенные от господствующих сильных осенних ветров, мелководные и поэтому рано покрывающиеся льдом: заливы Провал, Чивыркуйский, Баргузинский и придельтовое мелководье р. В. Ангары. Характерно, что в летнее время указанные места нерпа не посещает. Подход зверей к этим участкам Байкала происходит ежегодно, примерно в одни сроки, растягиваясь с 1 до 20 октября, т. е. обыкновенно до ледостава. В это время нам приходилось отмечать «на воде» скопления нерп как в Провале, так и в Чивыркуйском заливе. Здесь, как и на придельтовом мелководье р. В. Ангары, в указанный период нерпа нередко попадает в омулевые сети и ставные неводы.

Как только образуются довольно прочные забереги, выдерживающие тяжесть нерпы, начинается пора осенних ледовых лежбищ. Однако сроки образования ледовых залежек различны и зависят от одновременности ледостава в названных выше районах Байкала. По данным В. М. Сокольниковой [15], осенний ледоход начинается в заливе Провал в середине — конце октября, в Чивыркуйском заливе и у дельты В. Ангары — в ноябре, в Баргузинском заливе — в конце ноября — середине декабря. По нашим и опросным данным, точно такая же последовательность во времени характерна и для первых выходов зверей на ледовые лежбища.

Впервые в заливе Провал залежку около 200 голов нерп нам пришлось наблюдать 26 октября 1958 г. Зверь располагался по кромке льда, отстоявшей от восточной внутренней части залива на 1,5 км. Из ближайших селений — Оймура и Дулана — доносились человеческая речь, крики домашней птицы, лай собак, но на все это нерпа, очевидно, не реагирует, если ее не преследуют. 16 ноября 1958 г. в Провале мы обнаружили пять довольно крупных «урганов» зверей, расположенных по кромке льда на расстоянии один от другого 200—400 м. Два из них насчитывали около 300 особей в каждом, остальные — по 80—120 голов. Общая численность составляла около 900 голов. В каждой залежке звери располагались скученно, причем к центру плотность их возрастала. В ноябре 1959 г. в том же заливе отмечено 16 залежек общей численностью около 1200 голов. Отметим, что залив Провал образовался зимой 1862 г. в результате катастрофического землетрясения и опускания

прибрежной полосы оз. Байкал. Местом осенних лежбищ он стал, по-видимому, недавно. Первый заход зверей в залив старожилы относят к осени 1941 г.

Следует также указать на забереги придельтовой части р. Селенги, где в ноябре 1958 и 1959 гг. были обнаружены единичные экземпляры нерпы.

В Чивыркуйском заливе в дни наших посещений стояла неблагоприятная погода. Нерпа почти не выходила на лед, хотя довольно часто отмечалась «на плаву» по ходу катера. Только однажды, в момент кратковременного затишья, было обнаружено 7 залежек общей численностью свыше 350 голов, но тюлени, не успев облежаться, покинули лед из-за сильно подувшего холодного долинного ветра. Любопытно образование нерпами «продухов», отмеченное нами в этом же заливе на гладком прозрачном льду толщиной 2—3 см. Большинство отверстий для дыхания было проломлено сильным ударом головы или ластов, о чем свидетельствовали лежащие в 5—10 см вокруг продухов кусочки выбитого льда.

Непосредственно на придельтовом участке р. В. Ангары и в Баргузинском заливе в период обследования (конец ноября — начало декабря 1959 г.) нерпы мы не обнаружили. Залежки зверей были встречены в открытом Байкале в некотором отдалении от этих районов на полях битого мутно-белого льда, типичного для мелководий. Льды были разломаны и отнесены с придельтового участка р. В. Ангары и Баргузинского залива наблюдавшимися в это время сильными ветрами.

Осенью численность нерпы на одних и тех же лежбищах резко колеблется и зависит от состояния погоды (табл.). Укажем, что при самой благоприятной погоде не все нерпы выходят на лед, часть из них остается в воде. Поэтому максимальный выход мы принимаем приблизительно за 85—95%.

Количество выходов на лед зверей (в %) в зависимости от гидрометеорологических условий

Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/сек	Волнение, балл.	Осадки (снег)	Облачность, балл.	% выходящих на лед зверей
(-1) — (-2)	до 1—1,5	штиль	—	0—4	85—95
(-6) — (-8)	до 2—3	1—2	редкий, слабый	5—10	40—50
(-12) — (-14)	свыше 5—6	свыше 3	густой, сильный	10 темные облака	выход прекращается

Решающее действие здесь оказывают первые три фактора. При благоприятных погодных условиях непотревоженная нерпа лежит на льду обычно весь день. С наступлением вечерних сумерек большинство зверей покидает лежбище. Поэтому мы, как и Н. С. Свиридов [16], склонны говорить о преимущественном питании нерпы в сумеречное или даже ночное время.

На осеннее лежбище выходят нерпы обоих полов и разных возрастов. Молодых, неполовозрелых зверей («черняков») в возрасте 1—2 лет обычно без труда удается отличить по форме и размеру тела от половозрелых — старше 3 лет. Для черняков характерно также и расположение в залежках. Молодые звери обычно лежат по краям лежбища, в некотором отдалении от старых, быстро «облеживаются», спят спокой-

но, редко поднимают голову. Добытые три зверя (Чивыркуйский залив, Нижнее изголовье полуострова Святой Нос) оказались молодыми — самец в возрасте одного года и двухлетние самец с самкой. Таким образом, наши наблюдения не подтверждают указание Т. М. Иванова [14] о концентрации в Чивыркуйском заливе одних только половозрелых беременных самок.

Пути осенних миграций байкальской нерпы в заливы и к предустьевым участкам крупных рек еще недостаточно ясны. До постановки специальных работ по мечению этих животных на Байкале мы можем высказать лишь некоторые соображения. Наиболее вероятным представляется движение нерпы в эти районы Байкала из близлежащих к ним мест летних лежбищ. К предустьевому участку р. В. Ангары ближайшими будут летние лежбища, расположенные на мысах Немнянка, Тукала-Рагда, Хакусы, Турали, Оргокон, Омогачен, Шудинокон, Понгонье, Котельниковском и в губах Фролиха, Аяя, Бирея, Ширигли, Амнундакан, Томпуда*.

В Чивыркуйский залив осенний заход нерпы, очевидно, происходит с летних лежбищ полуострова Святой Нос (мыс Орлова, губа Маркова), из района Ушканьих островов, с лежбищ, расположенных по восточному побережью к северу вплоть до губы Давше, а также с противоположного берега, включая р. Ледяную. В Баргузинский залив нерпа подходит с летних лежбищ, прилегающих к заливу с юга (мысы Каткова, Горевой утес, Крестовый), и с вновь возрождающихся лежбищ о. Ольхона [16].

В залив Провал и к дельте р. Селенги мигрируют звери с лежбищ, расположенных у мысов Белый Камень и Сухинского, с мест летнего обитания у губы Аяя р. Бугульдейки, у мыса Колокольного и из южной части Байкала (район р. Мысовой).

Причины, вызывающих осеннюю миграцию байкальской нерпы, по-видимому, несколько. Одной из них, и может быть главной, является понижение температуры воды в октябре в мелководных и закрытых участках Байкала до 5°—0 [17]. Влияние температурного фактора на миграцию каспийского тюленя (*Phoca caspica*) отмечал Н. А. Смирнов [18]. Он указывал, что весной, когда вода в северной мелководной части Каспия сильно прогревается, тюлени уходят в глубоководные места, где воды холоднее. Осенью, с началом остывания воды, особенно перед образованием льда, они снова возвращаются на север. Интересны летние наблюдения Т. М. Иванова на Ушканьих островах Байкала. Т. М. Иванов указывает [14], что с повышением температуры воды, обильным развитием планктона («омулевая вода») и последующим привалом к островам косяков омуля нерпа покидала район лежбищ. Отметим, что для байкальского тюленя, как и для каспийского, характерно пребывание в более холодной воде (5—12°) — у мысов и губ глубоководной открытой части Байкала. В заливах и на мелководьях, где летом температура воды достигает 18—22° [19], нерпа отсутствует.

Кроме того, неблагоприятные осенние гидрометеорологические условия почти по всей акватории Байкала: жестокие ветра, сильное волнение, наплески на прибрежных камнях — все это также заставляет ластоногих искать более защищенных, мелководных, рано покрываемых льдом участков озера.

Осенние миграции байкальской нерпы, возможно, обусловлены и связями трофического характера. Правда, об этом еще трудно судить, так как до настоящего времени неизвестно осеннее питание нерпы, от-

* Места летних лежбищ приводятся в основном по данным Т. М. Иванова [14].

сутствуют данные об осеннем вертикально-горизонтальном распределении голомянкобычковых рыб — основной пищи зверей летом [14, 16]. Между тем осенняя миграция тюленей совпадает во времени с миграциями омуля, идущего на нерест в реки В. Ангары, Чивыркуй, Баргузин, Селенгу [20]. Около этих рек в Байкале, как мы указывали выше, скапливается осенью и нерпа. Кроме того, в октябре — ноябре в заливы, соры и на мелководья заходит из открытого Байкала соровая (чаштиковая) рыба [20]. Все это наводит на мысль, что откочевка нерпы из районов летнего обитания может происходить вслед за мигрирующими косяками промысловых рыб. Нам неоднократно приходилось слышать от местных рыбаков о довольно частых случаях поедания нерпой в сетях омулей и сигов, от которых она, как правило, откусывает только головы.

По-видимому все эти факторы, вызывающие осеннюю миграцию байкальской нерпы, действуют одновременно и взаимосвязанно, каждый из них не исключает, а дополняет другой.

Раннезимнее распределение нерпы на Байкале

По мере увеличения площадей льда в заливах и придельтовых мелководьях рек В. Ангары и Селенги лежбища нерп вместе с ледовой кромкой «отодвигаются» все ближе в сторону открытого незамерзшего озера. Здесь под действием волнения и долинных бризовых ветров лед часто ломается и вместе с нерпой выносится в Байкал. Вынос льда, в частности, из залива Провала и Чивыркуйского залива, происходит и в штилевую погоду, что свидетельствует о наличии здесь течений, направленных в озеро. К моменту окончательного ледостава заливов (ноябрь — декабрь) в них не остается ни одного зверя. Не бывает их и зимой. Н. С. Свиридов [21], проводивший на Байкале весенний авиаучет нерпы, указывает на отсутствие в Провале и Чивыркуйском заливе как самих зверей, так и их отдушин. По-видимому, это относится и к Баргузинскому заливу.

Дальнейшее распределение нерпичьего стада в Байкале во многом зависит от ветрового режима, течений и от особенностей ледостава разных участков озера.

Так, 25 ноября 1959 г. после сильного шторма, вызванного юго-западным ветром (култук) были разбиты забереги на мелководье р. В. Ангары. Затем ветром северо-восточного направления (верховик), господствующим здесь в осеннее время, поля битого льда вместе с «путешествующей» на нем нерпой были отнесены на 15—30 км в открытый Байкал, где были встречены нами 27 и 29 ноября на участке между мысом Тья и с. Байкальское. Здесь было обнаружено около 75 залежек зверей общей численностью свыше 3000 голов*.

Из Чивыркуйского залива под действием долинного бризового ветра, течения, направленного в Байкал, а также в результате часто повторяющихся в этом районе юго-западных ветров лед вместе с нерпой относится вдоль берега в северном направлении. Как далеко происходит здесь вынос льдов, нам не удалось определить. Опросные данные показывают, что «чивыркуйская нерпа» со льдами обычно доходит до р. Сосновки и губы Давше (40—60 км), а в некоторые годы и до мыса Кабаньего (90 км).

* Численность зверей во всех приведенных случаях занижена, так как учтены не все ледяные поля, не принималось во внимание также количество нерпы, находящейся в воде.

Вынесенные из Баргузинского залива поля битого и уже довольно толстого (10—20 см) льда с рассеянной на них нерпой (около 400 голов) мы встретили 9 декабря 1959 г. Эти льды на протяжении 30 км, чередуясь с разводьями, тянулись довольно широкой полосой (в 8—10 км) к северу вдоль полуострова Святой Нос от его нижнего (южного) Изголовья и до губы Маркова.

Подобную картину нам пришлось наблюдать 18 декабря 1958 г. в районе залива Провал. Здесь ледяные поля с нерпичьими залежками распространялись на 3—5-километровую зону открытого Байкала, уходя за мыс Облом по направлению к д. Сухой (рис.).

В открытом Байкале на плавучих льдах нерпа уже не образует крупных скоплений. Звери встречаются на большей площади, чаще небольшими группами — 5—20 и реже 30—60 голов. Часто можно видеть одиночно лежащих нерп. Такая разрозненность стада, на наш взгляд, зависит в основном от ледовой обстановки: битый лед не позволяет нерпе скапливаться в сотенные урганы, звери расходятся в поисках удобных для лежки льдин. Частые сильные ветры способствуют этому, унося лед вместе с нерпой на то или иное расстояние. Кроме того, половозрелые звери, по-видимому, целенаправленно движутся к чистой воде, свободной ото льда. Молодых нерп мы отмечали, как правило, по краям ледяных полей или на отдельных плавающих льдинах. Более крупные, половозрелые особи, наоборот, чаще регистрировались в центральных частях ледовых и шуговых масс. Вероятно, по этой причине зимой отдушины половозрелых зверей

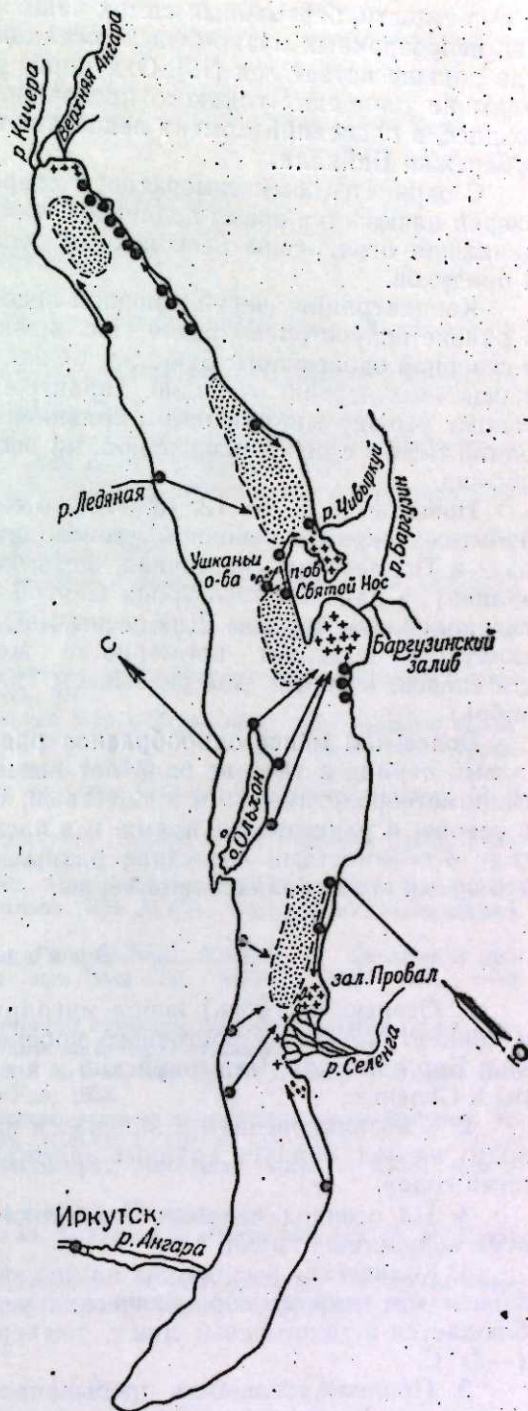


Схема летне-осеннего и ранне-зимнего распределения нерпы на оз. Байкал.

● — места летних лежбищ; + — места концентрации нерпы в осенний период; → — вероятные направления осенних откочевок нерпы; ⋯ — концентрация нерпы в ранне-зимний период.

и, в частности, беременных самок чаще встречаются в торосистых участках непрозрачных мутно-белых «осенцов» восточного побережья [14, 21], где раньше встает лед [19]. Отдушины молодых нерп обычно расположены на площадях гладкого прозрачного льда, который образуется позднее, в последний момент ледостава и преимущественно у западного побережья Байкала.

С окончательным замерзанием озера и до его вскрытия (май) для зверей начинается время подледной «оседлой» жизни, когда все их передвижения ограничены несколькими десятками метров вокруг отдушин и продухов.

Концентрация зверей в период ледостава к северу от зал. Провала, в районе полуострова Святой Нос, к северу от Чивыркуйского залива и в северной оконечности Байкала, ближе к северо-западному побережью, в основных чертах, очевидно, характерна вообще для каждого года. К такому выводу мы приходим, сравнивая районы раннезимней концентрации нерпы с основными районами весеннего обитания, где ведется ее добыча.

Известно [3, 8, 10, 12, 13, 14.] что ежегодно весенний санно-ледовый промысел нерпы в основном происходит также в этих участках Байкала — в Подлеморье (восточная часть озера к северу от Чивыркуйского залива), в районе полуострова Святой Нос, между о. Ольхоном и противоположным берегом. Для весны 1953 г. Н. С. Свиридов [21] на основе авиаучета выделяет примерно те же районы наибольшей плотности зверей, которые мы указываем для раннезимнего времени (декабрь).

Более или менее однообразное распределение нерпы в весенне-ледовый период в течение ряда лет вызывается, по-видимому, сходными гидрометеорологическими процессами, протекающими в озере ежегодно в осенне- и раннезимнее время, и в частности закономерными от года к году особенностями ледостава разных его районов и размещением в это время стада байкальской нерпы.

Выводы

1. Осенью (октябрь) нерпа мигрирует из районов летнего обитания и концентрируется у восточного побережья оз. Байкал в заливах Провал, Баргузинский, Чивыркуйский и в придельтовых частях рек В. Ангары и Селенги.
2. С возникновением в заливах и на мелководьях заберег нерпа выходит на лед, образуя крупные залежки, исчисляемые десятками и сотнями голов.
3. На осенних ледовых лежбищах встречаются звери обоего пола всех возрастных групп.
4. Количество выходящих на лед зверей в разные дни варьируется и зависит от гидрометеорологических условий. Наибольший выход наблюдается в тихие ясные дни с температурой воздуха не ниже $(-1)^{\circ}\text{C}$.
5. Продолжительность пребывания зверей в заливах и на мелководьях рек В. Ангары и Селенги колеблется от 1,5 до 3 месяцев и зависит от сроков окончательного ледостава этих участков озера.
6. В открытом Байкале в период ледостава нерпа выходит на плавающие льды, но встречается разрозненно, на большей площади, не образуя массовых скоплений.
7. Районы раннезимней концентрации нерпы совпадают с основными районами весеннего обитания, где ведется ледово-саный промысел.

Это можно объяснить закономерными из года в год особенностями замерзания оз. Байкала и ежегодно сходным распределением нерпичьего стада в ледоставный период.

Байкальская лимнологическая
станция
Восточно-Сибирского филиала
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию
4/IV 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. I. G. Georgi, Bemerkungen auf einer Reise im Russischen Reiche im Jahre 1772, Bd. 2, SPb, 1775.
2. П. С. Паллас, Путешествия по разным провинциям Российского государства, ч. III, СПб, 1788.
3. Г. Раде, Озеро Байкал, Вестник Русск. геогр. общ. т. XXI, СПб, 1857.
4. Б. Дыбовский, В. Подлевский, Предварительный отчет о фаунистических исследованиях на Байкале за 1869 г., Изв. ВСОРГО, Иркутск, 1870.
5. Б. Дыбовский, В. Годлевский, Этюды у юго-западной оконечности Байкала. Изв. ВСОРГО, т. I, вып. 2—3, Иркутск, 1870.
6. Б. Дыбовский, В. Годлевский, Материалы для зоогеографии Восточной Сибири, Изв. ВСОРГО, т. 3, вып. 2, Иркутск, 1872.
7. Н. И. Вятковский, Заметки по вопросу о байкальской нерпе. Изв. ВСОРГО, т. XXI, вып. 3, Иркутск, 1890.
8. И. Д. Кузнецов, О тюленьем промысле на Байкале. Вестник рыбопромышленности, т. VI, вып. II, СПб, 1891.
9. И. К. Малинин, О рыбных и тюленьих промыслах на озере Байкал. Газета «Восточное обозрение», № 22, Иркутск, 1891.
10. П. Е. Кулаков Ольхон, Хозяйство его Бурят-Еланицкого и Кутульского ведомств, бывшего Ольхонского ведомства, Верхотурского округа, Иркутской губернии. Зап. РГО по отд. статистики, т. VIII, вып. 1, 1898.
11. К. Л. Сабанеев, Охота на нерпу на озере Байкал. Охотничий вестник, № 3, 1905.
12. З. Ф. Сватош, Краткий очерк нерпичьего промысла на Байкале, Бюлл. Глав. упр. рыболовства и Гос. рыб. промышл., № 7, 1923.
13. З. Ф. Сватош, Байкальский тюлень. Мат. Баргузинской экспедиции Г. Г. Дюпелянра 1914—1915 гг. Изд. Госплана БМ АССР, Верхнеудинск—Ленинград, 1926.
14. Т. М. Иванов, Байкальская нерпа (*Phoca sibirica* Gmelin), ее биология и промысел. Изв. Биолого-географ. ин-та при Вост.-Сиб. ун-те, т. VIII, вып. 1—2, Иркутск, 1938.
15. В. М. Сокольников, Сводный отчет по изучению ледового режима озера Байкал, ч. I, 1954. (Фонд Байкальской лимнологической станции).
16. Н. С. Свиридов, Нерпа и ее охрана на Байкале. Краеведческий сб. Бурят. фил. Географ. общ. СССР, вып. III, Улан-Удэ, 1958.
17. Л. Ф. Форш, Особенности термического режима поверхности воды Байкала. Тр. Байкальской лимнологической станции ВСФАН СССР, т. XV, 1957.
18. Н. А. Смирнов, Очерк русских ластоногих. Зап. Акад. наук, т. XXIII, вып. 4, СПб, 1908.
19. М. М. Кожов, Животный мир озера Байкал. Иркутск, 1947.
20. Рыбы и рыбное хозяйство в бассейне оз. Байкал. Сб. статей под ред. М. М. Кожова и К. И. Мишарина, Иркутск, 1958.
21. Н. С. Свиридов, Опыт учета численности и распределения нерпы на озере Байкал с помощью самолета, Изв. Иркут. с.-х. ин-та, вып. 6, Иркутск, 1954.

М. А. ЛУРЬЕ, Г. В. ЛИНДЕМАН

СТВОЛОВЫЕ ВРЕДИТЕЛИ ДАУРСКОЙ ЛИСТВЕННИЦЫ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

Даурская лиственница (*Larix dahurica* Turcz.) является господствующей древесной породой на обширной территории Забайкалья, Якутии, Дальнего Востока и имеет важное значение для лесного хозяйства и лесной промышленности этих районов.

Насекомые, повреждающие лиственницу даурскую, изучены пока еще слабо. Опубликованные данные о стволовых вредителях этой древесной породы касаются отдельных видов [1, 2] и, конечно, не дают представления о всем биологическом комплексе этих насекомых.

Настоящая статья является попыткой дать общий обзор стволовых вредителей даурской лиственницы. Материалы были собраны во время лесопатологических обследований в Читинской области. Сборы и наблюдения вели: Г. В. Линдеман в Красночикоиском лесхозе в 1958—1959 гг. и М. А. Лурье в Усуглинском лесничестве Тунгокоченского лесхоза в 1958 г.

Красночикоиский лесхоз занимает юго-западный угол Читинской области (бассейн рек Мензы и Чикоя в их среднем течении). Рельеф гористый. Средняя высота горных хребтов 1300—1600 м над уровнем моря. Лиственничные леса находятся преимущественно на высоте 800—1200 м. Обычно они расположены у подножья и в нижней части северных склонов (листвяг рододендроновый, листвяг багульниковый), реже — в средней части северных склонов (листвяг-брусничник). Дно широких долин в низовьях горных речек занимает листвяг травяной. Водоразделы и верхние части склонов покрыты кедровыми и кедрово-пихтовыми лесами с небольшой примесью лиственницы, а южные склоны — сосняками.

Усуглинское лесничество Тунгокоченского лесхоза находится на северо-западе Читинской области (бассейн р. Ульдурги — притока р. Нерчи). Рельеф гористый (отроги хребта Черского). Средняя высота над уровнем моря 700—800 м. Вечная мерзлота в лесу залегает на глубине 0,5—1 м. Лиственничные леса расположены главным образом по северным склонам (листвяг травяной, выше — листвяг-брусничник, листвяг рододендроновый). В верховьях горных речек встречается листвяг ерникоый.

В обследованных районах очаги массового размножения стволовых вредителей лиственницы даурской не были обнаружены. Ослабленные деревья и свежий валеж в насаждениях встречались редко, а потому и количество вредителей было невелико. Увеличение численности стволовых вредителей наблюдалось только на гарях и в расстроенных рубками участках леса.

В очагах сибирского шелкопряда хвоя лиственницы местами была полностью объедена, однако заселения поврежденных шелкопрядом деревьев мы не наблюдали. Пожары являются одной из главных причин

ослабления лесов в Забайкалье. В обследованных нами насаждениях трудно найти участок, где на древесных стволах не были бы видны следы низовых пожаров, которые обычно не вызывают резкого ослабления деревьев. Уничтоженные огнем лиственничники встречались сравнительно редко и, как правило, небольшими участками.

Ослабленные пожаром лиственницы заселяются стволовыми вредителями на следующий год. Иногда при весеннем пожаре заселение начинается в том же году. Наиболее типичны для гарей златки.

На лесосеках, по наблюдениям в Усуглинском лесничестве, из вредителей лиственницы преобладают короеды и усачи.

Изредка встречались лиственницы, ослабленные грибами-трутовиками, главным образом *Trametes pini* Fr. и *T. abietis* Sacc.

Следует отметить, что мы ни разу не встречали ходов вредителей на ветвях, вершинах и стволиках с гладкой тонкой корой. Насекомые поселяются лишь в тех местах, где кора уже стала чешуйчатой и многослойной.

В определении насекомых, кроме авторов, принимали участие: А. В. Алексеев (златки), А. Н. Желоховцев (перепончатокрылые), В. А. Заславский (долгоносики), В. И. Кузнецов (чешуекрылые), И. Н. Плавильщиков (усачи), Б. В. Сокановский (короеды). Названным лицам авторы приносят глубокую благодарность. Ниже приводится список стволовых вредителей, обнаруженных нами на лиственнице даурской, и сведения о их распространении и биологии. Ради экономии места приняты следующие сокращения названия местности: К. — Красночикоиский лесхоз, Т. — Тунгокоченский лесхоз. Встречаемость обозначена: о. ч. — очень часто, об. — обычен, ч. — часто, р. — редко, о. р. — очень редко. Знак «?» поставлен в тех случаях, когда вид не был обнаружен.

ОТРЯД COLEOPTERA — ЖЕСТКОКРЫЛЫЕ

Сем. *Cerambycidae* — усачи

Rhagium inguisitor L. — рыжий ребристый восточно-сибирский. Т. — о. ч., К. — ч.

Gaurotes virginea thalassina Schrnk. Т. — ч., К. — ч. Найдены только жуки (на цветах в лиственничных насаждениях).

Actaeops anthracina Mannh. Т. — ч., К. — ? Жуки на срубленных лиственничных стволах, пнях, а также на цветах.

A. septentrionis C. Thoms. Т. — ч., К. — ? Жуки на срубленных лиственничных стволах, пнях и на цветах.

A. marginata F. Т. — ?, К. — р.

Nivellia sanguinosa Gyll. Т. — ч., К. — ч. Найдены только жуки (на цветах в лиственничных насаждениях).

Asemum striatum L. Черный ребристый усач Т. — ч., К. — ч.

Tetropium gracilicorne Rtt. Тонкоусый еловый усач. Т. — ч., К. — об.

Callidium coriaceum Pk. Бронзовый плоский усач. Т. — р., К. — р.

C. violaceum L. Фиолетовый плоский усач. Т. — об., К. — об.

Pronocera brevicollis Gebl. Т. — о. р., К. — ? Кормовое растение для этого вида ранее не было известно.

Один жук *P. brevicollis* Gebl. был выведен из отрубка лиственницы даурской, взятого в Усуглинском лесничестве.

Xylotrechus altaicus Gebl. Лиственничный усач. Т. — ч., К. — об. Известен как опасный физиологический и технический вредитель лиственницы даурской.

В районе наших работ часто встречались личиночные ходы, летные отверстия усача на валеже, сухостое, на сухобочинах зеленокронных деревьев.

В Усуглинском лесничестве обнаружен старый очаг листовенничного усача площадью не менее 100 000 га. Здесь погибли не только перестойные деревья, но и тонкомер диаметром 12—16 см. Это указывает на очень бурное размножение усача, так как обычно он заселяет крупные деревья. В настоящее время эти участки заняты листовенничными насаждениями возраста III—IV классов.

При участии Н. В. Горшкова мы установили приблизительно давность вспышки усача. Как известно, часть деревьев заселяется усачом не по всей окружности ствола, а только с южной стороны. Здесь появляются сухобочины, по краям которых в последующие годы образуется каллюс. Многие деревья с сухобочинами продолжают расти до настоящего времени. Подсчет годичных слоев на каллюсе показал, что массовое размножение листовенничного усача относится к 90-м годам прошлого столетия.

Можно предположить, что благоприятные условия для возникновения очага усача возникли после ослабления листовенничных древостоев каким-либо хвоегрызущим вредителем, скорее всего, сибирским шелкопрядом.

Пожары вряд ли могли быть причиной вспышки, так как, по многолетним наблюдениям Н. В. Горшкова, листовенничный усач редко размножается на гарях.

В Красночикийском лесхозе найдены лишь отдельные деревья, поврежденные усачом. За все время работы мы ни разу не встречали жуков или свежих поселений листовенничного усача. По-видимому, численность этого вида в обследованных лесхозах в течение долгого времени держится на низком уровне.

Monochamus sutor L. Малый черный еловый усач. Т.—о. ч., К.—ч.

M. urussovi Fisch. Большой черный еловый усач. Т.—о. ч., К.—ч.

Monochamus impluviatus Motsch. Крапчатый черный усач. Т.—ч., К.—ч.

Acanthocinus carinulatus Gebl. Сибирский серый длинноусый усач. Т.—о. ч., К.—ч.

Saperda interrupta Gebl. Т.—р., К.—р. На Дальнем Востоке заселяет корейский кедр и аянскую ель [3]. В Читинской области неоднократно встречался нами на свежесрубленных стволах листовенницы, реже — на листьях березы. Один жук был выведен из сухого листовенничного сука (Усуглинское лесничество).

Сем. *Buprestidae* — златки

Ancyllocheira strigosa Gebl. Таежная хвойная златка. Т.—р., К.—ч.

A. sibirica Fleisch. Сибирская хвойная златка. Т.—ч., К.—об.

Chrysobothris chrysostigma L. Ребристая бронзовая златка. Т.—ч., К.—р.

Phaenops syaneae Laricicola Ster. Синяя сосновая златка. Т.—?, К.—р.

Phaenops guttulata Gebl. Малая листовенничная златка. Т.—о. ч., К.—ч.

Melanophila acuminata Deg. Златка пожарищ. Т.—р., К.—р.

Anthaxia quadripunctata L. Четырехточечная антаксия, Т.—об., К.—об.

A. quadrioveolata Sols. Т.—о. р., К.—р.

Сем. *Curculionidae* — долгоносики

Hylobius albosparsus Boh. Т.—о. ч., К.—ч.

Pissodes irroratus Reitt. Т.—о. р., К.—? Жук в кроне листовенницы.

P. insignatus Boh. Хвойная смолевка. Т.—об., К.—об. Жуки в кроне листовенницы.

P. notatus F. Точечная смолевка. Т.—р., К.—?

Magdalis altaicensis Reitt. Т.—об., К.—? Этот вид не включен в справочник «Вредители леса» [4].

В Усуглинском лесничестве поселения златки часто встречались на сухих срубленных сучьях листовенницы. Вылет жуков в конце мая и в июне.

Сем. *Ipidae* — короеды

Scolytus moravitzii Sem. Заболонник Моравица. Т.—р., К.—р. Заселяет нижние толстые сучья и порубочные остатки.

Dryocoetes baicalicus Reitt. Байкальский лесовик. Т.—об., К.—ч. Заселяет нижние сучья и поврежденный пожаром подрост.

Dryocoetes hectographus Reitt. Лесовик-гектограф. Т.—ч., К.—об.

Dryocoetes orientalis Kug. Кедровый лесовик. Т.—?, К.—о. р. Известен лишь из Приморья и Сахалина. Листовенница среди кормовых пород не указывалась [5, 6].

Свежее поселение лесовика было обнаружено в нижних толстых сучьях полусасыпанной землей листовенницы (обвал берега р. Мензы).

Trypodendron lineatum Oliv. Полосатый древесинник. Т.—об., К.—ч.

Pityogenes chalcographus L. Обыкновенный гравер. Т.—ч., К.—? Заселяет ветви, усыхающих на корню деревьев.

Pityogenes ircuitensis Egg. Сибирский гравер. Т.—о. р., К.—? На листовеннице этот вид не был отмечен [4, 5]. Жуки короеда выведены из отрубков листовенницы даурской.

Ips subelongatus Motsch. Большой листовенничный короед. Т.—о. ч., К.—о. ч. Встречается повсеместно, главным образом, на свежесрубленных стволах, бревнах и порубочных остатках диаметром не менее 5 см. При дополнительном питании жуки прокладывают одиночные или групповые ходы под корой усыхающих сучьев диаметром 2—5 см.

Вне лесосек короед заселяет ветровал и бурелом, а также усыхающие на корню деревья, в комлевой части которых повреждена кора.

В большинстве случаев, маточные ходы большого листовенничного короеда направлены вдоль ствола или сука, при этом часто два хода располагаются параллельно на близком расстоянии друг от друга. По-видимому, направление ходов зависит от степени свежести коры: при большой сухости луба и поверхностных слоев древесины маточные ходы бывают короче и сильнее расходятся в стороны.

Orthotomicus laricis Fabr. Малый листовенничный короед. Т.—об., К.—об.

Orthotomicus suturalis Gyll. Короед пожарищ. Т.—об., К.—об.,

Xyleborus aequalis Reitt. Восточный непарный короед. Т.—р., К.—? В списках вредителей листовенницы отсутствует [4, 5].

Свежие поселения короеда найдены на стволе и тонких сучьях срубленной листовенницы в пойме реки Ясута.

Таблица 1

Оболочки	1s ²	2s ²	2p ⁶	3s ²	3p ⁶	3d ¹⁰	4s ²	4p ⁶	4d ¹⁰
$\sigma_{\text{эксп}}$	0,19	3,10	4,57	10,9	13,2	17,7	25,6	28,4	34,0
$\sigma_{\text{теор}}$	0,30	2,05	4,15	9,15	11,25	21,15	25,65	27,75	39,15
$\Delta\sigma_{\text{эксп. теор}}$	-0,11	1,05	0,42	1,75	1,95	-3,45	-0,05	0,65	-5,15

меньше $\Delta\sigma_i$ для внутренних электронов (1,00). В этих изменениях $\Delta\sigma_i$ и содержится, вообще говоря, учет внешнего экранирования.

Переходя к 18-электронным оболочкам, Слэтер по-прежнему приписывает внешним d -электронам $\Delta\sigma_i = 0,35$, а для s - и p -электронов той же оболочки полагает $\Delta\sigma_i = 1,00$. Учитывая, однако, большую протяженность d -орбит, нельзя считать их влияние на s - и p -электроны того же слоя тождественным действию следующей 8-электронной оболочки. А отсюда вытекает, что константы экранирования $3s$ $3p$ - и $4s$ $4p$ -электронов должны быть меньше 1,00.

Дело обстоит так, что в данном случае как бы уже учтено влияние следующего электронного слоя, который может быть достроен над 18-электронной оболочкой. Другими словами, мы считаем, что постоянная экранировка по Слэтеру—Ангусу для замкнутых d -оболочек завышена на величину внешнего экранирования.

Зависимость величин постоянной экранирования от атомного номера показывает, что по мере заполнения $4s$ $4p$ уровня константа экранирования для d -оболочки остается постоянной [15]. Так как $4s$ $4p$ слой полностью заполняется у Ag, то постоянная экранирования для d -оболочки, вычисленная по Слэтеру, должна быть уменьшена на величину внешнего экранирования, обусловленного внешней 8-электронной оболочкой Ag.

Следуя Зоммерфельду [16], величину внешнего экранирования можно вычислить из долей, вносимых каждой внешней оболочкой иона или атома:

$$\sigma_{\text{внешн}} = a \sum \frac{\nu}{\rho}, \quad (4)$$

где ν — число электронов и ρ — радиус внешней оболочки. Значение ρ определяется, согласно Слэтеру, формулой

$$\rho = \frac{(2n^* + 1) n^* a_0}{2(z - \sigma)}$$

Результаты соответствующих расчетов по исправлению констант экранирования приведены в табл. 2.

Таблица 2

Оболочка	$\sigma_{\text{эксп}}$	$\sigma_{\text{слэтер}}$	$\sigma_{\text{внешн}}$	$\sigma_{\text{исправл}}$	$\Delta\sigma_{\text{эксп. исправл.}}$
3d	17,7	21,15	2,73	18,42	-0,72
4d	34,0	39,15	3,59	35,56	-1,56
5d	—	71,15	4,24	66,96	—

Как видно из таблицы, учет внешнего экранирования сблизил расчетные значения σ_i с экспериментальными. Отсутствие точной сходимости теоретических и эмпирических констант экранирования вызвано как приближенным характером самих правил Слэтера, так и погрешностями в определении σ_i из рентгеновских термов. В особенности последнее относится к оболочке $4d$ и более высоких квантовых чисел, определение которых нам представляется некорректным.

Для подтверждения предположения о завышении констант экранирования для d -электронов, рассчитанных по правилам Слэтера, был проделан расчет σ_i для $3d$ -электронов с использованием экспериментальных данных, по рентгеновским термам способом, отличным от метода Полинга—Шермана.

Расчет проводился по формуле (см. [16]):

$$\sigma = s + \frac{a_0 n^2}{z - s} \cdot \frac{\nu}{\rho}, \quad (5)$$

где a_0 — радиус 1-й боровской орбиты, ν — число электронов рассматриваемой оболочки, ρ — ее радиус, s — экранировка, осуществляемая всеми электронами, внутренними по отношению к рассматриваемой оболочке. Значения радиусов ρ для расчета брались из [23], значения s — из [22]. Для сравнения были также вычислены константы для $2p$ - и $3p$ -оболочек. Результаты расчета приведены в табл. 3.

Незначительное расхождение сравниваемых констант для $2p$ - и $3p$ -оболочек может быть объяснено как погрешностью экспериментальных данных, так и приближенностью формулы (5), которая справедлива в предположении, что заряд ядра z много больше числа электронов рассматриваемой оболочки ($z \gg \nu$).

Данный метод не мог быть использован при определении σ для $4d$, $5d$ -оболочек ввиду отсутствия достоверных значений радиусов оболочек, а для $5d$ — значения s .

Поэтому в расчетах электронных полярностей понов по формуле (2) были использованы константы экранирования Слэтера—Ангуса, исправленные на внешнее экранирование. Результаты наших расчетов вместе с литературными данными приведены в табл. 4.

Таблица 3

z	11	12	19	20	29	30
Конфигурация	2p ⁶		3p ⁶		3d ¹⁰	
	$\sigma_{\text{расчет}}$	5,27	5,32	10,09	10,13	15,74
$\sigma_{\text{полнг}}$	4,57		10,9		17,7	
$\sigma_{\text{хартри}}$	4,72	4,68	10,26	10,10	18,28	17,72
$\sigma_{\text{слэтер}}$	4,15		11,15		21,15	

Таблица 4

Методы	Ионы					
	Cu ⁺	Zn ²⁺	Ca ²⁺	Ge ²⁺	As ²⁺	Se ²⁺
Авторы * **	1,08 1,05	0,79 0,77	0,69 0,58	0,52 0,43	0,41 0,35	0,32 0,28
	Ангус	3,50	2,24	1,54	1,08	—
Кольрауш	1,01	0,66	0,45	0,33	—	—
Полинг	1,08	0,71	0,50	0,36	0,26	0,19
Кордес	1,08	0,71	0,49	0,34	0,25	0,19
Методы	Ионы					
	Ag ⁺	Cd ²⁺	In ²⁺	Sn ²⁺	Sb ²⁺	Te ²⁺
Авторы	3,03	1,99	1,74	1,36	1,08	0,87
Ангус	10,18	6,58	4,51	3,23	—	—
Кольрауш	2,07	1,41	1,01	0,73	—	—
Полинг	4,33	2,74	1,84	1,26	0,91	0,66
Кордес	4,11	2,65	1,67	1,20	0,84	0,61

Окончание табл. 4

Методы	Ионы	Au ⁺	Hg ²⁺	Tl ⁺	Pb ²⁺	Bi ³⁺	Po ⁴⁺
Авторы		3,00	2,31	1,82	1,47	1,20	0,86
Ангус		9,68	7,69	5,30	3,86	—	—
Кольрауш		3,58	2,52	1,84	1,31	—	—
Полинг		4,75	3,14	2,19	1,56	1,15	—
Кордес		5,21	3,48	2,45	1,78	1,31	1,08

* Рассчитано по исправленным константам Слэтера.

** Рассчитано по константам, вычисленным из рентгеновских спектров.

Здесь следует заметить, что Ангус [14] пользовался классическими правилами для подсчета σ_1 , а Кольрауш [6] исправлял их по соответствующим потенциалам ионизации.

Экспериментальные данные для сравнения имеются по очень ограниченному числу ионов. Так, для кристаллического состояния рефракции Au⁺ = 5,0 + 0,5 [17], Zn²⁺ = 0,6 + 0,1, Ga³⁺ = 0,52 см³ [18]. Для водных растворов рефракции Cu⁺ = 0,39, Ag⁺ = 4,6, Zn²⁺ = 0,6, Cd²⁺ = 2,32, Hg²⁺ = 5,3 см³ [19]; последние значения включают в себя рефрактометрический эффект гидратации и поэтому могут быть использованы лишь для ориентировочной оценки. В общем, эмпирические ионные рефракции удовлетворительно согласуются с рассчитанными значениями.

Расхождение полученных нами ионных рефракций и $R_{\text{ион}}$ вычисленных методом Полинга—Кордеса, увеличивается вместе с ростом зарядов ионов. Это вызвано тем, что ионные радиусы Кордеса, положенные в основу вычисления электронных поляризуемостей, все больше отличаются от идеальных радиусов ионов по мере увеличения валентности последних (см. [20]). Поэтому отмеченное расхождение не может рассматриваться как недостаток развитого нами подхода.

Успешность применения изложенного выше метода к расчету рефракций благородногазовых ионов позволила нам применить его и к вычислению электронных поляризуемостей таких ионов, по которым нет каких-либо экспериментальных или теоретических данных. Применяя вышеприведенные уравнения, мы рассчитали рефракции ряда ионов высшей степени окисления:

Tl⁺, Sn²⁺, Sb³⁺ и др.

Следуя принятому нами постулату о завышении константы экранирования, вычисленной методом Слэтера—Ангуса, в данном случае мы также определили долю внешнего экранирования, вносимую дстройкой внешней электронной оболочки до благородногазового типа. В отличие от приведенных выше расчетов, ν в формуле (4) принималось равным 6, так как у рассматриваемых ионов на внешнем слое уже имеется одна электронная пара. В табл. 5 приведены исправленные σ_1 и значения рефракций, полученные по формуле (2) для ионов высших степеней окисления.

Таблица 5.

Ионы	Tl ⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	As ³⁺	Sb ³⁺	Bi ³⁺	Se ⁴⁺	Te ⁴⁺
$\sigma_{\text{исправл}}$	68,16	36,16	68,16	19,22	36,16	68,16	19,22	36,16
$R_{\text{ион}}$	8,48	5,10	5,47	2,00	3,43	3,69	1,36	2,45

Экспериментальные данные по этой группе ионов имеются только для Tl⁺ и Pb²⁺: $R_{\text{Tl}^+} = 9,8 + 0,9$ [17], $R_{\text{Pb}^{2+}} = 9,13$ [21] и 9,3 см³ [18]. Сходимость в случае талия удовлетворительная, а теоретическая рефракция иона свинца существенно меньше эмпирического значения. Нам представляется, что этот разброс обусловлен эффектом дополнительной поляризации, которая не учитывается в данном методе.

ВЫВОДЫ

1. Высказано предположение, что константы экранировки для 3d- и 4d-электронных оболочек, вычисленные по правилам Слэтера, завышены на величину внешнего экранирования.
2. При помощи этого предположения рассчитаны методом теории возмущений в хорошем согласии с опытом ионные рефракции всех элементов «iv»-подгрупп.
3. Впервые вычислены рефракции ионов высших степеней окисления Sn²⁺ = 5,10, As³⁺ = 2,00, Sb³⁺ = 3,45, Bi³⁺ = 3,69, Se⁴⁺ = 1,36 и Te⁴⁺ = 2,45 см³.

Институт неорганической химии
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
20/IV 60 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. Fajans, G. Joos. Z. Phys. 23, 1 (1924).
2. K. Fajans. Z. Phys. Chem. B, 24, 103 (1934).
3. L. Pauling. Proc. Roy. Soc. A, 144, 196 (1927).
4. E. Kordes. Naturwissensch. 27, 30 (1939).
5. E. Kordes. Z. Phys. Chem. B, 44, 249, 327 (1939).
6. F. Kohlrusch, Acta Physica Austriaca, 3, 452 (1950).
7. R. Sternheimer. Phys. Rev. 96, 951 (1954).
8. А. В. Бравин, ЖЭТФ 25, 147 (1955).
9. E. Wikner, F. Das. Phys. Rev. 107, 497 (1957).
10. E. Weislinger. J. Chim. Phys. 55, 528 (1958).
11. G. Burns. J. Chem. Phys. 31, 1253 (1959).
12. П. Гомбаш, Проблема многих частиц в квантовой механике, ИЛ, 1953.
13. J. Slater, Phys. Rev. 36, 57 (1930).
14. W. Angus, Proc. Roy. Soc. A, 136, 569 (1932).
15. L. Pauling, J. Sherman, Z. Krist. 81, 1 (1932).
16. А. Зоммерфельд. Строение атома и спектры, Гостехиздат, 1956.
17. P. Wulf, D. Schaller. Z. Krist. 87, 43 (1934).
18. Г. В. Бокун, С. С. Бацаилов, Кристаллография 1, 81 (1956).
19. N. Bauer, K. Fajans, J. Amer. Chem. Soc., 64, 3023 (1942).
20. С. С. Бацаилов, Структурная рефрактометрия, Изд. МГУ, 1959.
21. E. Kordes. Z. anorg. Chem. 241, 1, (1939).
22. М. А. Блохин, Физика рентгеновских лучей. Гостехиздат, 1957.
23. Д. Хартри, Расчеты атомных структур, Изд. ИЛ, 1960.

А: С. РОЖКОВ, В. П. СЕНДАРОВИЧ, К. И. ДАНИЧ

ОБ ИЗМЕНЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ В СТВОЛЕ ЛИСТВЕННОЙ,
ПОВРЕЖДЕННОЙ СИБИРСКИМ ШЕЛКОПРЯДОМ

Уже давно было замечено, что из всех пород, повреждаемых сибирским шелкопрядом (*Dendrolimus sibiricus* Tschety), наибольшей устойчивостью отличается лиственница. В то время как большинство хвойных погибает при уничтожении гусеницами более 10% всей хвои, лиственница способна перенести полное объедание в течение ряда лет. Вместе с тем такое повреждение в условиях Восточной Сибири часто приводит к появлению суховершинности.

Высокая устойчивость лиственницы, очевидно, связана со способностью ежегодной смены хвои. Существует даже точка зрения, согласно которой способность быстро заменять ассимиляционный аппарат с минимальной, по сравнению с другими хвойными породами, затратой запасных веществ сыграла большую роль в эволюции рода *Larix* и явилась важным фактором приспособления к суровым условиям среды [1]. Можно полагать, что способность к ежегодному восстановлению хвои обуславливает и накопление соответствующего запаса ассимилянтов, который должен быть израсходован весной на построение листового аппарата. Объедание хвои гусеницами шелкопряда, естественно, должно привести к сокращению этого запаса, что не может не отразиться как на возобновлении хвои, так и на росте и состоянии всего дерева. Однако до сих пор нет сведе-

ний о том, какова количественная связь между степенью и временем обесхвоивания лиственницы и запасными веществами в стволе. С целью расширения знаний в этой области нами и была предпринята настоящая работа.

Во время полного пожелтения и начала опадения хвои (23—24 сентября 1959 г.) в Кырменском очаге массового размножения сибирского шелкопряда для химического анализа были взяты образцы древесины из нижней, верхней и средней частей ствола трех модельных деревьев лиственницы сибирской. В это время, как известно, количество запасных веществ у растений достигает максимума.

Модельные деревья приблизительно одного возраста (50—70 лет) были выбраны в трех участках очага. В первом из них гусеницы не повреждали хвои в течение трех последних лет, а судя по тому, что в 1958 г. на деревьях не было старых коконов, они не повреждались здесь и до этого срока (модельное дерево № 1). Во втором участке деревья были обесхвоены осенью 1957 г., вторично — к середине июня 1958 г. К концу июля того же года деревья восстановили хвою. В 1959 г. они не повреждались гусеницами (модельное дерево № 2). В третьем участке деревья были полностью обесхвоены осенью 1957 г., весной и осенью 1958 г. и в июне 1959 г. (модельное дерево № 3). Двукратное обедание хвои в 1958 г. объясняется наличием большого количества гусениц промежуточного поколения в этом участке очага. Визуальными наблюдениями здесь установлено частичное отмирание прошлогодних побегов в верхней части кроны или неполное (не более 30%) распускание на них не поврежденных гусеницами почек. Образцы — спилов древесины — сразу же после взятия высушивались при температуре около 60°. Анализировались мелкие опилки, специально полученные в лаборатории со всей площади спилов.

Ввиду того, что все схемы химического анализа древесины являются до известной степени условными, помогающими выяснению основных ее веществ и их количественных отношений, мы проводили химический анализ древесины согласно методикам, разработанным для определения отдельных составных частей [2].

Количество целлюлозы определялось азотнокислым методом Кюршнера и Хоффера. Для определения лигнина использовался метод Класона. Жиры и смолы экстрагировались серным эфиром в аппаратах Сокслета в течение 5—6 часов. Полисахариды определялись гидролизом опилок 2% соляной кислотой в течение 3 часов при температуре 100°. Так как предварительно гистохимически было установлено наличие в древесине крахмала, мы полагаем, что при принятом нами методе определения наряду с гемицеллюлозами гидролизу подвергался и крахмал. Содержание полисахаридов выражалось количеством восстанавливающих сахаров, которые определялись методом Бертрана.

Результаты анализа представлены в таблице (в % на абсолютно сухое вещество).

№ модельного дерева	Часть ствола	Целлюлоза	Лигнин	Полисахариды	Жиры и смолы
1	верх	40,70	28,71	19,5	9,1
	середина	45,03	28,16	14,2	9,6
	низ	43,05	27,12	17,9	9,9
2	верх	41,13	29,16	17,2	7,5
	середина	45,67	30,13	—	7,4
	низ	42,08	27,30	17,8	8,2
3	верх	44,44	28,22	9,21	8,0
	середина	44,68	29,19	14,3	8,6
	низ	44,46	26,01	16,7	8,2

Нетрудно заметить, что различия в содержании целлюлозы и лигнина в образцах незначительны и не носят закономерного характера. Иная картина наблюдается в содержании полисахаридов, а также жиров со смолами. У модельного дерева 1, в прошлом не повреждавшегося, наибольшее количество гемицеллюлоз и крахмала сосредоточено в верхней части ствола. У дерева 2, повреждавшегося в небольшой степени, в верхней и нижней частях ствола содержание полисахаридов примерно одинаковое. Дерево 3, сильно повреждавшееся, имеет в верхней части ствола значительно меньше полисахаридов, чем в средней и нижней частях. При сравнении одноименных частей ствола не повреждавшегося, слабо и сильно повреждавшегося деревьев бросается в глаза, что существенные различия касаются именно верхней части. У дерева, в прошлом не повреждавшегося, содержание гемицеллюлоз и крахмала более чем в 2 раза выше по сравнению с деревом, многократно обесхвоенным.

Гемицеллюлозы и крахмал являются запасными углеводами, сравнительно легко гидролизуемыми и подвижными. Поэтому уничтожение ассимиляционного аппарата (обесхвоивание) приводит к уменьшению количества именно этих соединений. Поскольку уменьшение содержания подвижных углеводов происходит прежде всего в верхней части ствола, то это, очевидно, является физиологической предпосылкой суховершинности.

В распределении по длине ствола жиров и смол какой-либо закономерности не наблюдается, однако, хорошо видно более высокое содержание этих веществ у дерева, в прошлом не повреждавшегося шелкопрядом.

Восточно-Сибирский филиал
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск

Поступила в редакцию
12/VIII 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Дылис, О происхождении брахибласт у *Larix*. Докл. АН СССР, т. 122, № 1, 1958.
2. Н. И. Никитян, Химия древесины. Изд-во АН СССР, 1951.

ХРОНИКА

КОНФЕРЕНЦИЯ, ПОСВЯЩЕННАЯ 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
ОСНОВОПОЛОЖНИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
АКАДЕМИКА Н. С. КУРНАКОВА

В работе конференции, проходившей в г. Новосибирске с 23 по 26 ноября 1960 г., приняло участие 250 человек, которые представляли научные учреждения, высшие учебные заведения и промышленные предприятия Сибири и Дальнего Востока, а также некоторых городов Европейской части Советского Союза. Всего было проведено 14 заседаний, из них 2 — пленарных и 12 — секционных. Заслушано и обсуждено 66 докладов. В дискуссии участвовало около 150 человек.

Открывая конференцию, член-корр. АН СССР А. В. Николаев кратко охарактеризовал достижения в области физико-химического анализа и особо отметил значение исследований акад. Н. С. Курнакова для развития современной науки и промышленности.

Первые два доклада, заслушанные на пленарном заседании, явились результатом совместных работ Института общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова АН СССР и институтов Сибирского отделения АН СССР по исследованию природных солей Красноярского края (И. Н. Лепешков, В. К. Соловьев, Н. Н. Ромашева, Ю. П. Никольская) и по изучению растворов высших фторидов подгруппы хрома методами физико-химического анализа (Н. С. Николаев, С. В. Власов, Ю. А. Буслаев, А. А. Опаловский).

Развитие идей Н. С. Курнакова в работах Томского политехнического института было показано в обзорном докладе группы сотрудников этого института (А. А. Воробьев, Е. К. Завадовская, П. А. Савинцев, М. С. Иванкина).

В докладе Л. Н. Гусевой, А. А. Бабарэко, Б. И. Овечкина (Институт металлургии им. А. А. Байкова АН СССР) конференция высоко оценила доклады Н. В. Агеева, структуры твердых растворов и их прочности. Авторами изучены особенности механизма пластического течения чистых металлов и твердых растворов в связи с различной атомной структурой.

В дальнейшем работа конференции велась отдельно по секциям.

1. Металлы и сплавы. На трех заседаниях этой секции было заслушано и обсуждено 16 докладов, представленных в основном сотрудниками Института металлургии им. А. А. Байкова АН СССР. Конференция высоко оценила доклады Н. В. Агеева, О. Г. Карпинского, Л. А. Петровой, В. Ш. Шехтман, И. А. Попова, В. И. Рабезовой, Ф. И. Шамрай, Т. Ф. Федоровой, И. А. Недумова, М. Д. Поляковой, Е. Н. Пылаевой, Р. С. Поляковой, Ч. В. Коцецкого. Оживленная дискуссия, возникшая при обсуждении этих докладов, свидетельствует о большом интересе научной общественности к поставленным в них проблемам.

Доклад С. И. Дракина «Изучение электродиффузии как метода исследования химического взаимодействия в жидких металлических растворах» (Московский химико-технологический институт) явился примером теоретического исследования, дающего ценные практические результаты.

Весьма интересные экспериментальные данные, сообщенные в докладе Д. П. Белоцкого, Н. П. Новальковского, И. Э. Панчука «Физико-химический анализ системы $ZnSb-ClSb$ » (Черновицкий госуниверситет) привлекли внимание не только химиков, но и физиков.

Сибирских ученых на этой секции представляла большая группа работников вузов г. Томска (Б. Ф. Уфимцев, М. Б. Макогон, Л. П. Абрамец, Р. Г. Вайнштейн, В. Е. Панин, Э. К. Зенкова, Л. А. Соловьев, В. П. Фадин, А. В. Вяткина, С. Я. Макарова, Н. М. Филатова, В. Я. Зленко), выступивших с рядом докладов по физико-химическому исследованию сплавов, имеющих принципиально важное значение для развития современной индустрии.

На секции отмечена необходимость дальнейшего расширения физико-химических исследований металлических систем, которые должны проводиться в тесном контакте между учеными Сибири и учеными центральных научно-исследовательских институтов, работающих в этой области. Первым опытом такого содружества и явилась работа секции «Металлы и сплавы»

2. Расплавы. На трех заседаниях секции было заслушано и обсуждено 18 докладов.

А. В. Лапицкий, В. А. Пчелкин, Б. В. Стрижков, Л. Г. Власов (Московский госуниверситет, ИНХ СО АН СССР) доложили об исследованиях сложных процессов разложения простых и комплексных оксалатов ниобия и титана, а также гидратных форм гексаниобатов.

Сообщения Л. Г. Берга, Н. П. Бурмистровой, Е. Е. Сидоровой, К. А. Буздова, М. Ш. Ягфарова, В. В. Печковского, А. Н. Кетова (Казанский филиал АН СССР, Казанский госуниверситет, Пермский госуниверситет) были посвящены новым методикам термического анализа.

Большой интерес вызвал доклад Н. К. Воскресенской, Е. И. Гуровича (ИОНХ АН СССР) о новой области использования солей в качестве смазок при обработке металлов давлением.

На этой секции сибирских ученых представляли химики Новосибирска, Томска и Иркутска.

Доклад А. Н. Решетникова, Н. И. Вилутиса, Е. В. Романовой (Иркутский мед. институт) содержал большой материал о взаимодействии в системах с участием едких щелочей.

П. А. Крюков, В. И. Манихин (ИНХ СО АН СССР) сообщили интересные данные убедительно доказывающие переход к конгруэнтному плавлению для глауберовой соли при 5000 атм.

Весьма интересна работа В. Н. Фадеева, Е. С. Петрова (ХМ ИСО АН СССР); при изучении системы $In-InCl_2$ авторам удалось доказать наличие субхлоридов.

В докладе томских химиков (А. А. Воробьев, Е. К. Завадовская, П. А. Савинцев, М. С. Иванкина, А. Ф. Наумова, М. В. Костюкевич, И. Я. Мелик-Гайказян, М. Н. Трескина, В. Я. Зленко, Г. В. Шилина) сообщены новые интересные данные о системах галогенидов металлов первой группы, где часто свойства измерялись для монокристаллов. Системы изучались с целью объяснения полупроводниковых, поверхностного плавления и других новых свойств веществ.

3. Растворы и соли. На четырех заседаниях секции было заслушано и обсуждено 19 докладов, представляющих собой результаты работ в области физико-химического анализа солей и растворов.

Девять докладов было посвящено исследованию солевых равновесий в системах из солей морского типа и физико-химической характеристике природных солей Сибири (И. Н. Лепешков, В. К. Соловьев, Г. М. Минько, А. С. Колосов, А. Г. Василевская, Ю. П. Никольская, В. Ф. Новик, И. А. Мошкина, М. Ф. Ляпунов, Н. А. Власов, Л. А. Чернышева, Л. И. Павлова). Доклады были сделаны на высоком научном уровне и вызвали большой интерес.

Пять докладов было представлено на эту секцию сотрудниками ИНХ СО АН СССР. В докладе А. В. Николаева, А. А. Колесникова приведены новые данные исследования изоконцентраты по HNO_3 системы $La(NO_3)_3-NH_4NO_3-H_2O$, имеющей интерес при изучении вопросов экстракции. Установлено значительное падение растворимости соли при введении в систему кислоты, определены и исследованы твердые фазы системы. В. А. Михайлов в докладе «Растворимость некоторых электролитов в смешанных растворителях и перестройка структуры растворов» показал, что на кривых растворимости в тройных системах иногда имеются изломы, которые можно объяснить резкой перестройкой структуры бинарного растворителя. В докладе Н. Д. Бирюкова обсуждалась взаимосвязь нормальных стандартных потенциалов элементов с их электронным строением. Некоторые результаты изучения тройных систем с целью получения перекисных соединений с большим содержанием активного кислорода представлены в докладе С. З. Макарова, Э. А. Украинцевой. С. С. Бацанов сообщил интересные данные о получении целого ряда солей со смешанными анионами с физико-химическим подтверждением их индивидуальности.

Доклады группы сотрудников Московского госуниверситета (А. В. Лапицкий, М. И. Озерова, И. Н. Иванова, Н. Н. Кочанова, Л. Г. Власов) были посвящены изучению тройных водных систем.

Об изучении растворимости вольфрамата в водных растворах хлористого лития при высоких температурах было сообщено в докладе М. И. Равича, Л. Ф. Ястребовой (ИОНХ АН СССР). На примере $CaNO_3$ авторы показали, что при высоких t и P некоторые плохо растворимые вещества имеют значительную растворимость.

В докладах сотрудников Томского политехнического института рассматривались вопросы растворимости в зависимости от применяемых электролитов (Ю. Л. Лельчук) и вопросы кинетики фазовых переходов (П. А. Савинцев, А. Ф. Наумов).

Работа секции «Растворы и соли» показала, что в научных учреждениях Сибирского отделения Академии наук СССР физико-химический анализ растворов и солей получил широкое развитие. Высказано пожелание о развитии работ по исследованию природных солей Сибири и использованию их в качестве сырьевой базы для развития химической и металлургической промышленности. Особое внимание рекомендовано обратить на калийные месторождения, месторождения борнокислых и других минеральных

солей, важных для производства минеральных удобрений, а также для развития других отраслей народного хозяйства.

Секция рекомендовала расширить исследования систем, включающих актиниды, цветные металлы, редкие и рассеянные элементы с целью научного обоснования методов получения этих весьма важных для новой техники элементов.

4. Физико-химический анализ в аналитической и органической химии. Интересно отметить, что работы, представленные на эту секцию, выполнены только учеными Сибири, преимущественно химиками Томских вузов и сотрудниками ИНХ СО АН СССР.

Из 11 докладов, заслушанных на двух заседаниях, 6 было посвящено вопросам физико-химического исследования органических комплексных соединений (Б. В. Тронов, Х. А. Лельчук, А. С. Наумов, В. С. Смородинов, Н. В. Сырнева, Г. Л. Рыжова, Н. Д. Стрельникова, М. И. Корендяев, П. А. Савинцев), 3 — физико-химическому исследованию систем, имеющих значения в медицине (А. В. Николаев, Ю. А. Дядя, Л. И. Старостина, С. Н. Эйхе, Н. Д. Стрельникова, Л. Т. Щеглова), 2 — применению физико-химического анализа в аналитической химии (Ю. Л. Лельчук, Л. Л. Скрипова, П. В. Кристалева, И. П. Онуфриенко, В. М. Аксененко, Е. С. Новикова).

На закрытии конференции (26 ноября 1960 г.) было заслушано три доклада.

Доклад И. В. Тапанаева, Н. С. Николаева, Ю. А. Буслаява (ИОНХ АН СССР) был посвящен вопросам исследования комплексных фторидов многовалентных металлов методами физико-химического анализа. Интересные данные по экстракционным процессам, происходящим в многокомпонентных системах, сообщены в докладе: «Физико-химический анализ в применении к экстракционным процессам» (А. В. Николаев, М. П. Михайлова, А. А. Сорокина, И. И. Яковлев — ИНХ СО АН СССР). Авторами показано, что состав извлекаемого комплекса можно определить по направлению лучей экстракции.

На примере изучения систем, содержащих сульфаты индия (Э. Н. Дейчман, Т. В. Родичева — ИОНХ АН СССР) показана возможность установления состава комплексных соединений методами физико-химического анализа. Использование нескольких методов для определения состава образующихся комплексов, изучение веществ как в растворе, так и в твердом состоянии позволило авторам представить в своем докладе весьма интересные и убедительные данные.

Заканчивая свою работу, конференция приняла решение о периодических созывах при Сибирском отделении АН СССР широких совещаний по физико-химическому анализу с целью обобщения и всестороннего обсуждения работ в этой области, выполненных учеными Сибири и Дальнего Востока.

А. А. Опаловский.

ИЛИМСКАЯ ИСТОРИКО-ЭТНОГРАФИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ ИРКУТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

В связи с намечаемым строительством крупнейшей гидроэлектростанции на р. Илим, Иркутским государственным университетом им. А. А. Жданова летом 1960 г. в долину р. Илим была направлена историко-этнографическая экспедиция для предварительного исследования исторических, археологических и этнографических памятников.

Экспедиция состояла из 4 отрядов: 1. Историко-экономического (руковод. доц. Ф. А. Кудрявцев), 2. Историко-революционного (руковод. ст. препод. С. Ф. Коваль), 3. Этнографического (руковод. доц. А. П. Селявская), 4. Археологического (руковод. доц. П. П. Хороших). В экспедиции принимали участие студенты историко-филологического факультета Университета. Обследовав участок р. Илим от с. Шестаково до пос. Нижне-Илимск, экспедиция собрала значительный материал по истории, археологии и этнографии. Собраны интересные данные о партизанских отрядах Ангаро-Илимского района. По документальным материалам, хранившимся в Нижнеилимском районном архиве, выяснились многие вопросы о заселении и хозяйственном освоении долины р. Илим русскими в XVIII—XIX вв., о возникновении отдельных населенных пунктов на побережье р. Илим, об описании старинных илимских башен, о политических ссылки и т. д. Особое внимание участники экспедиции уделили изучению хозяйственного развития Илимского района за советский период — от первых коммун и артелей до укрупненных колхозов.

В старожильческих поселках Шестаково, Ступино, Игнатьево, Илимск, Нижне-Илимск и др. были собраны материалы о древнерусском деревянном зодчестве и живо-

писи. В памятниках древнерусского деревянного зодчества и живописи хорошо сохранились архитектурные традиции, занесенные в Приангарье первыми русскими поселенцами XVII—XVIII вв. Наиболее интересные памятники зодчества сохранились в с. Шестаково, где многие крестьянские постройки, рубленные топором и возведенные по древнерусскому образцу, поражают прочностью сооружения, красотой массивных «коныков» и резными оконными наличниками. «Коныки» украшают не только избы, но амбары и ворота. В некоторых селах в долине р. Илим сохранились симметричные ворота с калитками по бокам, покрытые массивной двускатной крышей с резными карнизами. Сложившаяся веками древнерусскую традицию в строительстве и декоративном оформлении построек можно наблюдать и в более поздних постройках.

Этнографическим отрядом экспедиции от многих сказителей был собран разнообразный материал по устному народному творчеству русского старожилевого населения Приангарья. Записаны интересные варианты сказок о Бове-королевиче, о Коньке-горбунке и др.

Археологический отряд обследовал шесть стоянок новокаменного века, расположенных на побережье р. Илим у «Поволоцкого яра», деревень Игнатьевой, Ступиной, пос. Нижне-Илимска, в устье р. Тушама и в других местах.

Наибольший интерес представляет неолитическая стоянка, расположенная около устья р. Тушама (правый приток р. Илим) в 4 км от пос. Нижне-Илимска. На этой стоянке были найдены разнообразные каменные орудия труда: наконечники копий, наконечники стрел, каменные топоры, тесла, скребки и их заготовки, позволяющие проследить технику их изготовления, большое количество фрагментов глиняной посуды, покрытой разнообразными узорами. Около устья р. Игирма (правый приток р. Илим) были осмотрены пещеры, вблизи которых найдены орудия труда каменного века. В результате археологических исследований выясняется, что побережье р. Илим было густо заселено людьми каменного века, которые занимались здесь рыболовством и охотой.

Собранные экспедицией материалы значительно пополняют экспозицию историко-этнографического музея Университета и будут использованы студентами для сообщений в научных кружках, для курсовых и дипломных работ.

П. П. Хороших.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

1. Статьи, направляемые в журнал, должны кратко освещать еще неопубликованные результаты исследований по актуальным научным проблемам, полученные за последние два-три года.

2. Объем каждой статьи не должен превышать 1 авторского листа, включая библиографию и иллюстративный материал.

3. На публикацию материалов, представляемых в редакцию, требуется письменное разрешение руководства организации, на средства которой проводились работы, и соответствующая документация, удостоверяющая возможность печатания их в журнале.

4. Рукописи статей и иллюстративный материал к ним представляются в двух экземплярах. Рукопись должна быть четко перепечатана на машинке, через два интервала, на одной стороне листа, тщательно вычитана и подписана автором.

5. Корректурa дается авторам лишь для контроля. Стилистическая правка, дополнения и сокращения в корректуре не допускаются. Иногородним авторам корректурa не высылается.

6. Формулы, латинские, греческие и т. п. выражения следует давать только в случаях необходимости, вписывая их на машинке или от руки (темными чернилами или тушью) четко и ровно, чтобы не было никаких сомнений при чтении каждого знака.

Во избежание недоразумений нужно делать ясное различие между заглавными и строчными буквами в формулах, имеющими одинаковое начертание (V и v , O и o , W и w , K и k , P и p , C и c), подчеркивая заглавные буквы двумя черточками снизу

(S), а строчные — сверху (s).

7. Тоновые иллюстрации (фото) должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью. Штриховые же должны быть выполнены ровно наложенной тушью на кальке, допускается также плотная белая бумага.

Не рекомендуется рисунки и чертежи загромождать надписями, лучше детали рисунка заномеровать и дать расшифровку номеров в подрисовочной подписи.

Все иллюстрации к статье должны иметь сквозную нумерацию. Номера эти представляются простым карандашом на каждом рисунке или чертеже, а также в рукописи на левом поле страницы, против соответствующего места в тексте (вклеивать иллюстрации в текст рукописи нельзя). Кроме того, на обороте каждого рисунка ставится название статьи и фамилия автора. В рукопись должна быть вложена опись иллюстраций (в 2 экземплярах), согласно их порядковой нумерации.

Авторы должны избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статей.

8. Библиографические списки: а) литература в списке дается на тех языках, на которых она издана; б) библиографические данные приводятся по титульному листу издания, все элементы библиографического перечня отделяются друг от друга запятыми; в) цифры, обозначающие том, выпуск, издание, страницы, ставятся после сокращенного слова, например: т. III, вып. 7, изд. 2; г) в тексте ссылка на литературу, перечисленную в библиографическом списке, помещенном в конце статьи, делается по такой форме: «Павлов [10, 11] указывает...».

Числа 10, 11, взятые в квадратные скобки, показывают порядковые номера трудов в библиографическом списке.

Схема перечня библиографических данных:

Для книг: фамилия и инициалы автора, название книги, название издательства (Медгиз, Техиздат), место издания; год издания (слово «год» не ставится, например: 1956)

Для периодических изданий: фамилия и инициалы автора, название статьи, название журнала (альманаха, газеты); том или выпуск (т. III, вып. 7), номер, год.

Говоря о месте издания, слова «Москва» и «Ленинград» можно заменять начальными буквами.

Статьи направлять по адресу: Новосибирск, ул. Советская, 20, комн. 401 — редакции журнала.

Художественный редактор В. И. Желнин.
Технические редакторы О. А. Локшина, А. М. Влывх.
Корректоры М. А. Башкова, Л. В. Жарикова.

Подписано к печати 1 марта 1961 г. МН 03119. Бумага 70×108/16—8,25 печ. л., 11,3 усл. печ. л. +1 вкл., 11 уч.-изд. л. Тираж 2300.

Издательство Сибирского отделения Академии наук СССР, Новосибирск, Советская, 20.
Заказ № 251, Типография № 1 Полиграфиздата, Новосибирск, Красный проспект, 20.
Цена 70 коп.

Цена 70 коп.

ПРОВОДИТСЯ ПОДПИСКА

на ежемесячный научный журнал

ИЗВЕСТИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

В журнале освещаются результаты теоретических работ и экспериментальных исследований по экономическим, техническим, химическим и биологическим наукам, проведенных в научных учреждениях, исследовательских институтах, высших учебных заведениях Сибири. В журнале печатаются также статьи методического характера, работы, посвященные важнейшим проблемам развития производительных сил восточных районов СССР.

В журнале регулярно дается разносторонняя информация о научной жизни и развитии науки в Сибири и на Дальнем Востоке, печатаются материалы по обмену опытом и координации научной работы, библиография и рецензии на книги, в которых рассматриваются вопросы, связанные с изучением Сибири.

Журнал рассчитан на научных работников, преподавателей вузов, инженеров и руководителей предприятий.

ПОДПИСНАЯ ЦЕНА ЖУРНАЛА

на 12 месяцев — 8 р. 40 к.

на 6 месяцев — 4 р. 20 к.

на 3 месяца — 2 р. 10 к.

Цена отдельного номера 70 коп.

Подписка принимается всеми отделениями Союзпечати и агентствами связи, а также магазинами «Академкнига», с любого очередного номера. Отдельные номера журнала могут быть высланы наложенным платежом. Заказы направлять в редакцию журнала (Новосибирск, Советская, 20, комната 401).

Цена 70 коп.

ПРОВОДИТСЯ ПОДПИСКА

на ежемесячный научный журнал

ИЗВЕСТИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

В журнале освещаются результаты теоретических работ и экспериментальных исследований по экономическим, техническим, химическим и биологическим наукам, проведенных в научных учреждениях, исследовательских институтах, высших учебных заведениях Сибири. В журнале печатаются также статьи методического характера, работы, посвященные важнейшим проблемам развития производительных сил восточных районов СССР.

В журнале регулярно дается разносторонняя информация о научной жизни и развитии науки в Сибири и на Дальнем Востоке, печатаются материалы по обмену опытом и координации научной работы, библиография и рецензии на книги, в которых рассматриваются вопросы, связанные с изучением Сибири.

Журнал рассчитан на научных работников, преподавателей вузов, инженеров и руководителей предприятий.

ПОДПИСНАЯ ЦЕНА ЖУРНАЛА

на 12 месяцев — 8 р. 40 к.

на 6 месяцев — 4 р. 20 к.

на 3 месяца — 2 р. 10 к.

Цена отдельного номера 70 коп.

Подписка принимается всеми отделениями Союзпечати и агентствами связи, а также магазинами «Академкнига», с любого очередного номера. Отдельные номера журнала могут быть высланы наложенным платежом. Заказы направлять в редакцию журнала (Новосибирск, Советская, 20, комната 401).