

П-167/2  
АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
СССР

8

НОВОСИБИРСК.

1961



СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА

- Т. А. Лахтин. О повышении производительности труда при проведении технологических исследований 3  
 И. В. Чернов. Сбережение времени трудящихся — важная задача организации труда на угольных шахтах 13

ТЕХНИКА

- Л. Я. Мизюк. Методы помехозащиты при измерении гармонических сигналов с изменяющейся фазой 22  
 Б. Н. Девятков, Г. С. Хорькова. Инерционность и регулируемость противоточных теплообменников при нарушениях режима работы по скорости движения теплоносителя 36  
 М. Н. Ларионов. Применение осциллографического метода для исследования термического разложения углей при высокоскоростном нагреве 44  
 Х. Д. Пеев. Косвенные признаки лавинной опасности 50

ХИМИЯ

- А. А. Беззубенко, Б. И. Пешевицкий. К вопросу о существовании акво-иона золота  $3+$  62  
 Т. В. Крамарева, В. М. Шульман. Определение констант нестойкости комплексных соединений из окислительно-восстановительных потенциалов. Сообщение II. 68  
 Н. И. Попова, Р. Н. Стукова, В. П. Латышев. Изучение каталитического окисления пропилена. Сообщение 6. 78  
 М. Ф. Ляпунов. О формировании химического состава рапы озера Б. Ажбулат 83

БИОЛОГИЯ

- Б. Ф. Бельшев. Зоогенез стрекоз (растения стрекоз) 93  
 В. П. Маржарянц. Сибирской пихты 105  
 Н. Н. Наплекова. Растущих растений на растущей сибирской области 110

- И. А. Куини, В. Д. Рабшента трения 116  
 А. Л. Грохольский. тора для 119  
 А. Я. Власов, И. пературны 121  
 М. С. Оренбах, углей 124  
 Г. Н. Кожевников содой 127

- В. И. Дулов. Л 131

- 60-летие профес 136  
 Н. Г. Дубинин. 137  
 Е. П. Ожигов. скому хоэ 137

ИЗВЕСТИЯ  
 СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
 АКАДЕМИИ НАУК  
 СССР

8

731127

Писать разборчиво

Шифр

Автор Известия

Название Сиб.

Том

г.

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
 СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
 АКАДЕМИИ НАУК СССР  
 1961



Г. А. ЛАХТИН

О ПОВЫШЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

I

Научно-исследовательская работа занимает все большее место в жизни нашего общества как по значимости, так и по затратам. В эту сферу деятельности вовлекаются все возрастающие массы людей. Число научных работников в Советском Союзе достигло 350 тысяч<sup>1</sup>. Согласно статистическим данным, количество людей, занятых на исследовательских работах, количество научных работ и ассигнований на них увеличивается в той же степени, что и рост валовой продукции [1]. Расширенное воспроизводство материальных ценностей неизбежно связано с соответствующим возрастанием количества исследовательских данных.

В связи с увеличением масштаба затрат на научную деятельность становится необходимым анализ как самих затрат, так и их эффективности, т. е. изучение экономики научно-исследовательской работы.

Анализ структуры затрат на технологические исследования в области химии и металлургии показывает, что 50—60% стоимости обычной, рядовой исследовательской работы составляет заработная плата сотрудников. Это означает, что доля овеществленного труда в научно-исследовательской работе значительно меньше, а доля живого — выше, чем в большинстве областей материального производства. Поэтому в изучении экономики исследовательской работы следует предоставить приоритет рассмотрению затрат живого труда, т. е. вопросам производительности труда.

Производительность труда как важнейший показатель созидательной деятельности человека в научно-исследовательской работе не планируется и не учитывается; неизвестно даже, что это такое. Однако и в науке, так же как в материальном производстве, есть с одной стороны труд и затраченное на него рабочее время, а с другой — результат этого труда; следовательно, можно говорить о производительности труда применительно к научной работе.

Сама постановка вопроса, однако, невозможна без четкого определения того, что же является продуктом труда исследователя, чем в данном случае может измеряться производительность труда. Без этого затруднительны планомерные поиски путей ее повышения.

II

В деятельности научных работников элементы творчества сочетаются с будничной, зачастую однообразной работой. В технологических исследованиях (как, очевидно, и в других) необходимо различать две сто-

<sup>1</sup> Сообщение Центрального статистического управления при СМ СССР «Об итогах выполнения государственного плана развития народного хозяйства СССР в 1960 г.» Правда, 26 января 1961 г.



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Д-р хим. наук В. Т. Быков, член-корр. Т. Ф. Горбачев (зам. главного редактора), д-р с.-х. наук В. Б. Енкен, д-р физ.-мат наук Л. В. Киренский, д-р техн. наук К. Н. Коржавин, проф. В. А. Кротов, 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, комн. 401.



роны: замысел и исполнительскую деятельность. Замысел, постановка задачи — это начало работы, происходящее в человеческом сознании и предваряющее собой исполнение, т. е. эксперимент над материальным объектом. Можно отождествить замысел с руководством исследованием независимо от того, разобщены ли руководство и исполнение или они осуществляются одним и тем же лицом. В сфере замысла проявляются субъективные качества исследователя — его талант, интуиция, а также опыт.

Под исполнительской деятельностью понимается непосредственное выполнение опытов и всех связанных с ними действий, начинающееся с того момента, когда задача и путь ее решения полностью сформулированы, т. е. если, например, нужно найти условия устойчивости против коррозии, то уже известно, какой материал и в какой среде нужно испытывать; если нужно обогатить руду — то какой применить метод и т. д.

Возвращаясь к проблеме производительности труда, мы вынуждены отметить, что замысел, постановка задачи, создание идеи работы — все то, что является творческим началом, никак не может быть сопоставлено с рабочим временем, следовательно, не может входить в расчет в производительности. Напротив, исполнительская деятельность, являющаяся «материальным» содержанием исследовательской работы, непосредственно связана с затрачиваемым временем, более того, представляет собой основную статью в балансе времени исследователя. С другой стороны, именно эта сторона деятельности является источником новых данных, которые и представляют собой продукт исследования. Поэтому мы вправе говорить о производительности труда применительно к исполнительской деятельности в научной работе.

Изложенное не следует понимать как противопоставление указанных сторон. Они взаимосвязаны, взаимозависимы, и это взаимопроникновение является причиной того, что процесс исследования зачастую считают сплошь интуитивным, творческим, не поддающимся учету и нормированию.

### III

Качественные различия между многочисленными видами и объектами исследований препятствуют сопоставлению, единой оценке, нахождению общих критериев. Может ли вообще здесь быть подход с одной меркой? Что общее есть у различных процессов исследования?

Химик, исследующий свойства какого-либо соединения, агроном, изучающий влияние различных доз удобрения на урожайность какой-то культуры, микробиолог, испытывающий действие различных факторов на жизнедеятельность бактерий — все они, несмотря на различие областей деятельности и методов, выполняют труд, имеющий одно общее свойство — в результате его появляются неизвестные ранее сведения. Эти новые данные объективны, так как являются отражением объективного мира. Поскольку они объективны, они одинаковы для любого наблюдателя. Совокупность этих данных называется информацией. Под этим термином понимаются просто данные, просто выясненные факты, вне зависимости от классификации их, оценки и последующего использования. Информация является первым и непосредственным продуктом труда исследователя. Если правильна эта предпосылка, то, очевидно, мы с неизбежностью должны обратиться к теории информации в поисках критериев оценки этого труда.

Теория информации считается одним из разделов кибернетики [2, 3]. Эта дисциплина установила количественную меру информации, дала математическое обоснование расчетов передачи информации по линиям

связи. Положения этой теории используются при создании автоматических систем, при конструировании устройств, хранящих информацию (информационно-логических машин), и для решения других технических задач. Все это стало возможным в результате того, что теория дала принципы, позволяющие оперировать с информацией математически.

Приняв, что информация является продуктом труда исследователя, мы прежде всего должны разобраться в количественной оценке этого продукта. Информация есть величина, измеримая количественно. Современная теория информации позволяет измерять ее так же однозначно, как, например, мы измеряем длину проволоки или вес стали. Простейшее определение количества информации следующее: оно равно логарифму отношения числа равновероятных исходов до и после получения сообщения:

$$I = K \cdot \log \frac{P_0}{P_1},$$

где  $I$  — количество информации;

$P_0$  — число равновероятных исходов, допускавших какой-то выбор, до получения сообщения;

$P_1$  — число возможных исходов, оставшихся после получения сообщения;

$K$  — коэффициент пропорциональности.

Обычно в результате информирования имеет место выбор какого-то одного исхода из числа первоначальных  $P_0$ . Тогда  $P_1 = 1$  и формула упрощается:

$$I = K \cdot \log P_0.$$

Теория информации возникла первоначально из проблем ее передачи. Однако получение или, вернее, извлечение информации можно, очевидно, разобрать с тех же позиций, если рассматривать исследуемый объект как источник информации, систему объект — наблюдатель как канал связи, а экспериментальную технику как техническое средство связи.

Рассмотрим расчет количества информации на примере простого, рядового исследования — испытания коррозионной стойкости какой-либо марки стали по отношению к серной кислоте заданной концентрации. До начала опыта в принципе возможны все исходы: от полного отсутствия коррозии (0%) до полного растворения образца (100%). Допустим, что экспериментальная техника позволяет определять величину коррозии с точностью до 5%. Опыт при заданной температуре показал, что величина коррозии составила 25%. Это означает, что из 20 возможных исходов (так как от 0% до 100% содержится 20 интервалов по 5%) реализован один. Количество информации, данное этим опытом, равно логарифму 20, или в двоичной системе — 4,32 двоичных единиц. Аналогичным путем, проведя опыт, например, с другой маркой стали, мы получим снова определенное количество информации. В принципе, зная точность метода исследования и диапазон поиска, можно всегда рассчитать количество информации, полученное в результате работы. Для однотипных опытов оно будет пропорционально числу актов информирования, т. е. опытов.

Если же точность, с которой ведется исследование, возрастает (т. е., например, не 5, а 2,5%), то количество интервалов, соответственно, будет вдвое больше и в той же мере возрастает количество информации. Большая точность определения связана с большей трудоемкостью задачи, с другой стороны — с выдачей большего количества информации. Не только в потоке различных опытов количество информации пропорционально затратам труда, но и в пределах одного и того же исследования больше-



му количеству информации соответствует большее трудовое содержание работы.

Единицей количества информации (наиболее распространенной) является так называемый «бит» — единица двоичного выбора, выбора из двух альтернативных возможностей, выбора между «да» и «нет». Любая задача может быть представлена в виде суммы вопросов, допускающих только двоичный выбор; ответ на каждый из них даст одну единицу информации. Полученные единицы могут складываться, сумма их представляет собой количество информации, содержащееся в решении поставленной задачи. Эта способность складываться (аддитивность) вытекает из логарифмической формы определения количества информации и является очень важным свойством. Она позволяет связать прямой зависимостью количество информации и время на ее получение, т. е. измерять информацию (при данной скорости ее получения) временем.

С другой стороны, объективно необходимое время для получения продукта является содержанием стоимости и мерилем труда. Именно отсюда и следует вывод о том, что количество полученной информации может служить мерилем труда исследователя, количественным критерием оценки его труда.

Оценка труда исследователя по количеству единиц информации неизбежно является формальной. На получение 100 единиц информации химик, исследующий коррозию стали, затрачивает иное количество труда, чем агроном, изучающий урожайность пшеницы. Полученные ими единицы информации не равны по трудовым затратам так же, как и в материальном производстве одна иголка не равноценна одному станку. Но подобно тому, как в материальном производстве выводятся нормы времени на единицу продукции сначала опытно-статистически, а затем и технически обоснованные, так и в получении информации, очевидно, можно установить нормы объективно необходимого времени на отдельные исследования или их элементы. Однако таких статистических наблюдений не делал ни один нормировщик.

Итак, производительность исполнительского труда исследователя измеряется количеством информации, получаемым в единицу времени.

#### IV

В любом виде исследования работник науки имеет дело с информацией двоякого рода:

1) информация первого рода — заключается в объекте исследования и подлежит извлечению в процессе работы; это то новое, никому ранее не известное, что получает исследователь в результате эксперимента над материальным объектом;

2) информация второго рода — извлеченная ранее другими людьми, запечатленная в книгах, журналах и т. д., т. е. та информация, которую исследователь или вообще любой человек получает от других по всем возможным каналам связи.

То, что выше именовалось просто информацией и что предлагалось считать мерой труда исследователя, является информацией I рода.

Как уже упоминалось, теория информации возникла из проблем ее передачи, т. е. относилась только к информации II рода. Распространение ее положений на новую область вынуждает затронуть категории, еще не изученные. Одним из вопросов, не рассматриваемым на сегодняшний день теорией, является вопрос ценности информации. Инженер-связист, проектирующий линию связи, заботится лишь о том, чтобы она пропускала определенное количество информации — безразлично, будут ли это научные данные, политические новости или какие-то другие сообщения.

За последнее время появилось определение ценности информации как приращения вероятности достижения цели [4]. Однако это определение недостаточно, так как оно не позволяет установить меру ценности.

Категория ценности информации относится исключительно к области ее использования. Сколько бы труда ни было затрачено на получение определенного количества информации, если эта информация нигде не используется, ее ценность равна нулю. Наоборот, небольшое, сравнительно нетрудоемкое исследование может оказаться очень ценным, точнее плодотворным. Последнее выясняется лишь в ходе использования полученных данных.

Чтобы разобраться в вопросе ценности информации, необходима обширная работа по анализу судьбы потоков информации, вытекающих из лабораторий и институтов. Она может использоваться двояко: или участвовать в создании новых материальных благ (и тогда ее ценность определяется экономическим эффектом), или участвовать уже в качестве информации II рода в новом исследовании, в дальнейшем познании материального мира. Подобно капиталу, который обладает свойством, находясь в действии, создавать новые стоимости, новый капитал — накопленная обществом информация обладает свойством участвовать в создании новой информации. В таком случае ценность информации определяется ее способностью создавать некоторый прирост информации, а мерой ценности является количество приращения, приходящееся на единицу информации, т. е.  $\frac{\Delta I}{I}$ .

В свете рассматриваемой задачи оценки труда исследователя важно четкое разграничение понятий количества информации и ее ценности. Обе эти стороны информации по сути дела представляют собой стоимость и потребительную стоимость ее. Стоимость определяется количеством затраченного объективно необходимого труда; потребительная стоимость проявляется при использовании продукта. Стоимости сопоставимы, они представляют лишь определенные количества застывшего рабочего времени; потребительные стоимости различаются качественно, как таковые они несопоставимы. Следует различать конкретный труд работников различных специальностей, создающий различные потребительные стоимости, и абстрактный труд, создающий стоимость.

Эти положения Маркса<sup>1</sup> мы, очевидно, можем применить и к нашему случаю, рассматривая информацию как продукт труда исследователя и различая стоимость его, создаваемую абстрактным трудом исследователя вообще, и потребительную стоимость, отождествляемую с ценностью информации.

Здесь следует отметить, что в отличие от продуктов материального производства, потребительную стоимость которых можно оценить заранее, ценность информации в момент ее получения оценить зачастую бывает невозможно. Научная информация всегда представляет собой нечто новое, и получивший ее исследователь в большинстве случаев не может предвидеть путей, масштабов и областей ее использования. Поэтому нельзя с уверенностью утверждать, что ценность информации может быть использована как критерий для оценки труда исследователя.

#### V

Как правило, ни одно исследование не начинается «на пустом месте». Обычно имеется, во-первых, ряд общих положений, относящихся к данному классу исследуемых объектов, во-вторых, данные по аналогич-

<sup>1</sup> К. Маркс. Капитал, т. I. Госполитиздат, стр. 41—53, 1950.



ным или сколько-нибудь близким объектам, в-третьих, частные данные, могущие облегчить выполнение задачи.

Понятие количества информации связано с вероятностью событий, о которых поступает информация. Чем более вероятно событие, тем меньше число вариантов, из которых может реализоваться что-нибудь одно, тем меньше количество информации в сообщении об этом событии. Сообщение, что 1 января в Новосибирске будет мороз, не содержит информации, так как это очевидно заранее, здесь возможен только один вариант. Но это справедливо для человека, знающего, где находится Новосибирск и каков его климат.

В научном исследовании, целью которого является нахождение какой-то величины, до опыта возможен ряд значений ее, одно из которых является фактическим значением искомой величины (определяемым в результате опыта). Совокупность этих значений представляет собой диапазон поиска. Величина этого диапазона зависит от квалификации исследователя. Например, нужно выяснить влияние добавок удобрения на урожайность какой-то культуры. Человек, несведущий в агрономии, будет вносить на небольшие опытные участки различные количества удобрения в широком интервале — от нуля до сотен килограммов. Знающий агроном не станет вносить чрезмерно больших количеств, для него эти варианты невероятны с точки зрения получения желаемого эффекта. Соответственно для нахождения оптимальной дозы он затратит меньше труда. При этом в неявной форме участвует ранее полученная информация — опыт и знания исследователя. Чем больше информации II рода ранее получил исследователь, тем менее трудоемка его задача, тем меньше информации I рода он должен добыть для ее решения. В пределе, если информация II рода полностью отвечает на поставленный вопрос, ему нечего делать — задача решена ранее кем-то другим.

Таким образом, эрудиция исследователя проявляется в сокращении диапазона поиска, и, мерой ее является степень этого сокращения. Фактические затраты труда в исследовании зависят от квалификации. Говорить об общественно необходимой мере времени на получение единицы информации можно только применительно к достигнутому в данное время общественному уровню квалификации исследователей.

Если запасенная информация позволяет ограничить диапазон, в котором ведутся опыты, то в пределах этого диапазона вероятность различных точек в общем случае будет неодинаковой. Распределение вероятностей, как правило, экспериментатору до опыта неизвестно. Однако, включив эти точки в диапазон поиска, он тем самым уже приравнивает их друг к другу, так как опыт в маловероятной точке требует столько же времени и труда, сколько и в наиболее вероятной. С точки зрения трудовых затрат следует условно принять равновероятность всех точек в пределах диапазона исследования.

## VI

Несмотря на все многообразие объектов, видов, средств, масштабов технологических исследований, их можно расчленить на элементы, которые сводятся к нескольким типам; основными из них являются:

- 1) исследование неизменного объекта, дающее ту или иную численную характеристику его, количественную оценку отдельного его свойства; в химии типичным примером может служить анализ заданного вещества, в физике — измерение;
- 2) исследование изменений свойств объекта в зависимости от варьирования того или иного параметра (нахождение функциональных зависимостей);

3) нахождение оптимальной величины, зависящей от одного или многих переменных факторов, влияющих одновременно; к этому типу относится большинство технологических задач.

Вопрос о количестве информации, полученном при проведении измерений, подробно рассмотрен в книге Л. Бриллюэна [3].

Более сложным является определение количества информации, содержащегося в найденной опытным путем зависимости вида

$$I = f(x).$$

Возможный метод расчета основывается на принципе, по которому за меру информации принимается разность энтропии (неопределенности) до и после проведения эксперимента. Неопределенность вычисляется на основании функций распределения, устанавливаемых с помощью приемов математической статистики.

Расчленяя полученный исследователем материал на отдельные элементы, содержащие либо результаты анализов, измерений, либо функциональные зависимости, можно, зная исходную неопределенность, рассчитать количество информации по каждому элементу. Сумма этих количеств будет представлять собой оценку количества информации, содержащейся в фактическом материале данной работы. Этим расчетом не затрагивается ни замысел работы, ни ценность информации, относящаяся к области ее дальнейшего применения.

## VII

Приведенное выше изложение некоторых принципов и определений не является самоцелью, оно должно лишь способствовать достижению главной цели — повышению производительности исследовательского труда. Сформулированные общие положения позволяют наметить некоторые конкретные пути в этом направлении.

Прежде всего необходимо коснуться вопроса организации труда. Если техника эксперимента совершенствуется с каждым годом, то организация исследовательского труда не претерпевает существенных изменений; она напоминает в большинстве случаев организацию труда на производстве мануфактурного периода — начиная с подготовительных операций, весь процесс выполняет один человек или небольшая группа.

Исходя из задачи получения возможно большего количества информации, всю работу исследователя можно разделить на две главные категории:

а) деятельность, создающая информацию — основная деятельность;

б) вспомогательная деятельность, непосредственно не дающая информации — подготовительные операции, конструирование и сооружение установок, ознакомление с литературой и другими источниками информации, снабженческая деятельность, административная (участие в совещаниях, различная переписка), послезаключительная деятельность по доведению полученной информации до стадии использования (написание отчетов, докладов и т. п.).

Таким образом, можно установить основные виды затрат рабочего времени и в соответствии с этим изучать их структуру (например, путем самофотографии рабочего дня) с целью ее упорядочения.

Главным направлением в усовершенствовании организации труда должна быть постоянная тенденция к увеличению доли рабочего времени, приходящегося на основную деятельность, и к сокращению затрат времени на вспомогательную. Наилучшие результаты могут быть достигнуты за счет четкого разделения функций.



Разделение труда дает тем больший эффект, чем крупнее производство. Чем меньше его масштаб, тем большее количество функций приходится выполнять каждому работнику. Это относится и к исследовательской деятельности, где огромное количество работ ведется или отдельными исследователями, или в маленьких группах и подгруппах.

Изучение структуры затрат рабочего времени должно дать основу для планирования разграничения функций. Вопросы рациональной организации труда, правильных пропорций в численности руководящего, исполнительского и вспомогательного персонала, объединения сотрудников в бригады с общей тематикой, обеспечения постоянного фронта работы сами по себе должны являться предметом серьезного исследования.

### VIII

Рассматривая вопрос рациональных трудовых затрат при получении информации, нельзя не остановиться на таком важном понятии как избыточность. Под этим термином существующая теория понимает избыток информации (над минимумом, необходимым для ее передачи), обеспечивающий надежность последней. Передавая какое-нибудь сообщение или приказ, мы зачастую для надежности наиболее важные места повторяем. Повторение не несет новой информации, но гарантирует доведение сообщения до приемника, избыточность при этом составляет 100%. Исследователи зачастую ставят параллельные опыты. Аналитики выдают результаты анализа по двум или трем параллельным определениям.

В исследовательской работе избыточность проявляется в том, что ставится большее количество опытов, чем это необходимо для определения искомой величины или кривой, выражающей какую-то зависимость. Далеко не всегда нужно ставить параллельные опыты. Избыточность информации нужна лишь в такой мере, чтобы компенсировать искажение результатов опыта вследствие случайных факторов. Действие же этих факторов поддается статистическому учету. Отсюда можно определить разумную степень избыточности, обеспечивающую надежность информации и вместе с тем избавляющую от излишнего труда.

К этой же проблеме относится и рациональное планирование опытов. В техническом эксперименте исследователю приходится искать оптимальные условия процесса, зависящие от многих факторов. Опробование всех возможных комбинаций этих факторов привело бы к постановке огромного числа опытов и получению большого количества избыточной, ненужной информации, так как обычно нет надобности знать результаты опытов в области, находящейся далеко от оптимальной. Задача нахождения минимально необходимого количества опытов решается с применением современной математической статистики, приходящей на смену интуиции исследователя. Известен, например, метод Бокса-Уилсона, дающий принципы планирования многофакторного эксперимента. По этому методу небольшими сериями опытов определяется направление, кратчайший путь к области нахождения искомых оптимальных величин, которые затем определяются в более детальных опытах. Математически обоснованное построение опытов позволяет резко сократить количество экспериментальной работы. Тем самым может быть достигнуто существенное повышение производительности труда [5, 6].

### IX

Далее, нельзя не учитывать, что имеется много общего в построении схем исследования в областях, различающихся по своему предмету. Формально металлург, испытывающий влияние добавок легирующего эле-

мента на твердость стали, и биолог, проверяющий влияние добавок активатора на рост организмов, могут строить исследование по одинаковым схемам. С другой стороны, в различных схемах исследования есть сходные элементы. С процессом отстаивания приходится иметь дело и обогатителю, и гидротехнику, и химику, и исследуют они кинетику этого процесса сходными методами. С теплопередачей имеют дело и строитель, и металлург, и теплотехник. Здесь неизбежна формализация. Но формализация прокладывает путь классификации, а классификация позволяет перейти к типизации. Для гораздо большего числа процессов, чем в настоящее время, можно создать типовые методики исследования. Типизация методов исследования поможет не только сократить затраты труда, но и сделать более сопоставимыми результаты различных исследований.

### X

Еще одна проблема, с которой приходится сталкиваться в исследовательской работе — сохранение информации, начиная с первичной стадии — с записи результатов исследования. Информацию можно получить, но можно и потерять. Вся полученная исследователем информация немедленно становится информацией II рода и подлежит хранению, передаче, классификации. Между тем в своем рабочем журнале, который является первичным документом, каждый исследователь обычно сам себе хозяин, хотя полученная им информация — отнюдь не личное, а общественное достояние. Разработка рациональных форм записи — вопрос первостепенной важности. В дальнейшем, с переходом на машинное хранение информации, унификация форм записи станет насущной необходимостью. Такая унификация давно достигнута в проектной документации, и проект в любой области техники, выполненный не по действующим канонам, просто не станут рассматривать.

Все более возрастающий масштаб исследований выдвигает проблему сохранения информации на одно из первых мест. В настоящее время зачастую бывает легче получить самому определенные сведения, нежели найти их в литературе. Это означает потерю информации, сопряженную с непроизводительными затратами исследовательского труда.

### XI

Сущность затронутых выше проблем и их взаимосвязь подводят к тому, что назревает возникновение новой области науки — исследования самого процесса исследования, общей целью которой будет максимальное использование труда работников науки. Это исследование будет с одной стороны технико-экономическим, с другой — методологическим. К задачам этой области науки следует отнести:

- 1) разработку методик расчета производительности труда;
- 2) установление общественно необходимых норм времени на получение информации;
- 3) вопросы организации труда в исследовательской работе;
- 4) вопросы планирования экспериментов и снижения избыточности информации;
- 5) формализацию методов исследования, нахождение областей, где возможно создание типовых методик;
- 6) вопросы рационализации записи, хранения информации; борьбу с потерями ее.

Эта новая область науки должна разобратся в экономике научно-исследовательской работы, определить пути наиболее экономного прове-



дения исследований, повышения производительности исследовательского труда. Выполнение необходимых расчетов позволило бы сопоставить продуктивность труда различных исследователей и коллективов, выявить лучшие, более совершенные формы организации труда.

Изложенные выше принципы допускают постановку и такого вопроса — какова себестоимость единицы информации? Если ее удастся рассчитать, то можно будет по-новому подойти к оценке хозяйственной деятельности исследовательского учреждения.

Мы живем в период, когда изучение материального мира стало основным занятием сотен тысяч людей. И то, как организовывается и используется их труд, заслуживает не меньшего внимания, чем то, что они делают.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Э. Влэдуч, В. В. Налимов, Н. И. Стяжкин, Научная и техническая информация как одна из задач кибернетики. Успехи физ. наук, т. XIX, вып. 1, 1959.
2. С. Голдман, Теория информации. ИЛ, 1957.
3. Л. Бриллюэн, Наука и теория информации. Физматгиз, 1960.
4. А. А. Харкевич, О ценности информации. Проблемы кибернетики, вып. 4. Физматгиз, 1960.
5. Box Wilson, The design and analysis of industrial experiments. London, 1956.
6. В. В. Нзлимов, Статистические методы поиска оптимальных условий протекания химических процессов. Успехи химии, вып. 11, 1960.

И. В. ЧЕРНОВ

### СБЕРЕЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ ТРУДЯЩИХСЯ — ВАЖНАЯ ЗАДАЧА ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Одним из важнейших источников повышения производительности труда является всемерное улучшение использования рабочего времени, наиболее рациональное использование основной производительной силы общества — кадров рабочих, инженерно-технических работников, служащих. Первостепенное значение это имеет для угольной промышленности, где особенно велик удельный вес затрат живого труда. В калькуляции себестоимости 1 т угля, добытого в шахтах, доля затрат на заработную плату составляет около 60%.

Рост производительности общественного труда, всемерное улучшение использования рабочего времени — главные условия планомерного сокращения продолжительности рабочего дня и увеличения свободного времени трудящихся. В 1964 г. начнется перевод подземных рабочих угольных шахт на 5-часовой рабочий день. Тем самым им будут созданы еще более благоприятные условия для удовлетворения растущих духовных потребностей, для повышения культурно-технического уровня. Но самый короткий в мире рабочий день должен быть также и самым производительным. Очевидно, что совершенно необходимым условием осуществления мероприятий по дальнейшему сокращению продолжительности рабочего дня является строжайшая экономия всех ресурсов, особенно экономия рабочего времени, неуклонное повышение производительности общественного труда.

Семилетним планом предусматривается рост производительности труда в Кузнецком угольном бассейне на 30,3%. Трудящиеся Кузбасса взяли на себя повышенное обязательство: поднять производительность труда за семилетие в два раза выше предусмотренной планом, т. е. на 60,6%. Ясно, что для выполнения этой задачи огромное значение имеет использование всего фонда рабочего времени каждого участка и шахты.

#### Использование рабочего времени и резервы роста производительности труда

В целом по шахтам Кузнецкого каменноугольного бассейна фактическая структура использования рабочего времени в очистных забоях выглядит следующим образом: основные, вспомогательные и подготовительно-заключительные операции — 66,4%; регламентированные перемены — 10,8; потери времени от брака в работе — 0,7; простои по причинам, зависящим от рабочих, — 1,3; простои из-за недостатков в организации труда и производства — 20,8%. Всего потери от общего фонда рабочего времени составляют 22,8%<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Рассчитано на основе анализа материалов последней массовой серии фотохронометражных наблюдений на 36 шахтах бассейна (из 69). Наблюдения проведены Кузнецким научно-исследовательским угольным институтом и используются с разрешения его дирекции.



Следовательно, коэффициент использования рабочего времени в очистных забоях угольных шахт бассейна составляет всего 0,77. Для сравнения укажем, что на шахте Коксовая-2 этот же коэффициент составляет 0,84; на шахте № 3-3-бис — 0,79; на шахте Северная — 0,68; на шахте Полысаевская-2 — 0,77.

Как видно из приведенных данных, существующая структура использования рабочего времени на угольных шахтах бассейна явно неудовлетворительна. Непосредственно на выемку угля — отбойку, навалку, комбайновую выемку — используется 38% всего фонда времени в добычных сменах. Остальное время этих смен расходуется на бурение шпуров, крепление, доставку крепежного леса, на работы по управлению кровлей, перегон комбайна и т. п., часть времени уходит в потери. Однако значительную долю этих работ можно производить без прекращения выемки угля, что заметно повысит производительность труда на шахтах.

В связи с этим следует заметить, что при большом разнообразии систем разработки на угольных шахтах бассейна наиболее эффективными с точки зрения экономии трудовых затрат являются такие системы, которые исключают из очистного цикла работы по возведению крепи в призабойном пространстве, в частности системы с применением щитов различных конструкций, гибкого перекрытия с обрушением, камерных систем, гидроотбойки. При этом, кроме работ по возведению крепи, отпадают работы по доставке и обработке крепежного леса на лесных складах, шахтной поверхности, в горных выработках, высвобождается большое количество транспортных средств и другого оборудования. В добычных сменах по шахтам бассейна в целом 22% всего времени используется на крепление призабойного пространства, когда работы по выемке угля прекращаются; на шахте Коксовая-2 затраты времени на крепление достигают 28, а на шахте № 3-3-бис — 32%. В основу такой «стоечной» технологии положен изживший себя принцип: во что бы то ни стало противостоять горному давлению, не считаясь с большими затратами трудовых и материальных ресурсов, вместо того, чтобы использовать силы горного давления в интересах производства.

О том, во что обходится государству эта технология, говорит хотя бы тот факт, что на каждую тысячу тонн добываемого угля в бассейне расходуется 52,2 кубометра крепежного леса. Если снизить расход лесоматериалов на каждую тысячу тонн добычи хотя бы на 1 м<sup>3</sup>, то государство получит только от одного Кузбасса 1,5 млн. руб. ежегодной экономии.

Такое же важное значение для роста производительности труда имеет увеличение времени на выемку угля за счет сокращения продолжительности ремонтно-подготовительных смен. Наиболее трудоемкой операцией в эти смены является переноска транспортеров. Как правило, на ремонтно-подготовительные работы затрачивается полная смена, а на некоторых шахтах и ее оказывается недостаточно. На шахте Капитальная-1 по этой причине пришлось перейти с трехсменного на четырехсменный режим работы для того, чтобы ввести вторую ремонтно-подготовительную смену в течение суток. Между тем опыт передовых бригад убеждает в том, что переноску транспортеров можно осуществлять в течение 3—4 часов и одновременно производить другие ремонтно-подготовительные работы, что доказывает пример коллективов ряда участков шахты Пионерка в г. Белово. В целях экономии времени на этой шахте по предложению рабочих обрушение кровли стали производить во время перерыва в конце суток, что дало очистным бригадам по несколько дополнительных часов для выемки угля.

Большие резервы роста производительности труда заключены в улучшении использования оборудования и механизмов, которых все

больше поступает на наши шахты. Если в 1940 г. производительность рабочего по эксплуатации составляла в бассейне 43 т, то теперь она составляет не более 50 т в месяц в среднем по шахтам, хотя энерговооруженность рабочих выросла за этот период в два раза. Причина такой диспропорции заключается прежде всего в неудовлетворительном использовании имеющихся механизмов и оборудования. В целом по бассейну в работе находится не более 70% наличного парка комбайнов, 60% погрузочных машин и т. д. Коэффициент использования рабочего времени в добычных сменах в комбайновых лавах составляет всего 0,60 (остальное уходит в потери), а коэффициент использования комбайнов — 0,39.

Следовательно, более половины времени в добычные смены комбайны не используются вообще или потому, что рабочие в это время выполняют другие работы с остановкой комбайна, или вследствие простоев комбайновых бригад по каким-либо иным причинам. Среднемесячная производительность комбайнов «Донбасс» в бассейне редко превышает 10 тыс. т; в то же время передовые механизаторы с шахт им. Кирова, Чертинская-1 и других ежемесячно добывают 25—30 тыс. т.

В этой связи большой интерес представляют предложения ряда коллективов шахт по улучшению использования механизмов и оборудования путем коренных изменений в организации труда. Так, на шахте Полысаевская-2 предложена схема организации работы комбайнов по методу «зеленой улицы». Сущность этого метода состоит в том, что весь ритм работы добычного участка и подземного транспорта приравливается к движению комбайна, который не должен стоять ни минуты. Количественный состав бригады, очередность и сроки выполнения работ на добычном участке и на подземном транспорте должны в точности соответствовать рабочей скорости комбайна как при очистной выемке, так и при подготовке комбайна для нового цикла. На таком же принципе основана работа передовых бригад в молотковых лавах, где выдвигут лозунг: «Молотки должны стучать непрерывно». На участке № 9 шахты Байдаевской уже два года из месяца в месяц выполняется обязательство: «Недельный план — за 5 дней». На участке была усовершенствована доставка крепежного леса в забой, введено бурение шпуров одновременно двумя электросверлами, изменен паспорт ведения буровзрывных работ, что способствовало выполнению взятого обязательства.

На практике иногда бывает так, что машинист комбайнов и горнорабочие с отбойными молотками вынуждены приравливаться к недостаткам в организации труда, которые на ряде шахт стали привычными. Например, машинист комбайна, видя, что бригада не успевает оформлять и крепить забой, замедляет скорость машины, поджидая бригаду. При анализе использования рабочего и машинного времени на первый взгляд кажется, что потерь времени нет, так как бригада и комбайн работали непрерывно, в действительности же машина работала не на полную скорость. Одной из главных причин потерь рабочего времени в комбайновых лавах являются простои из-за отставания крепления — 16% простоев из-за недостатков в организации труда и производства происходят именно по этой причине. Из-за отставания крепления комбайн вынужден работать рывками, не уходя далеко вперед от бригады, чтобы не обрушилось выработанное пространство. Фактически рабочая скорость комбайна «Донбасс» редко превышает 0,3—0,4 м в минуту, хотя по техническим условиям она может доходить до 1,06 м в минуту. Поэтому малочисленность очистных бригад является тормозом в повышении производительности труда в комбайновых лавах. Столько же времени теряется из-за обрушений породной кровли в результате несвое-



временного крепления. Вместе с потерями вследствие отставания крепления это составляет уже 32% потерь времени.

В декабре 1960 г. комбайновая бригада шахты № 37 в Караганде дала мировой рекорд комбайновой добычи — 43 тыс. т угля в месяц. Комбайн в этой бригаде весь месяц работал на четвертой, предельной, скорости, что стало возможным благодаря увеличенному составу бригады. В течение всего месяца в бригаде не было случаев потерь рабочего времени из-за отставания крепления или вывалов породной кровли. Этот опыт следовало бы перенять и тем шахтам, на которых еще не придается должного значения вопросу комплектования комбайновых бригад в соответствии с возможностями полного использования машин.

При проектировании горных работ иногда не учитывается, что пропускная способность лавных конвейеров должна превышать мощность угольных комбайнов. В некоторых лавах, оборудованных комбайнами, применяются транспортеры СКР-11, производительность которых почти в два раза меньше, чем комбайнов «Донбасс». Кое-где такие же транспортеры установлены и в бремсбергах, по которым выдается уголь не из одной, а из двух лав. В частности, такой просчет был сделан при проектировании горных работ на шахте Березовская, где такие транспортеры не в состоянии справиться с доставкой всего потока угля к погрузочным пунктам в то время, когда работает не один, а два комбайна. Прямым следствием такой диспропорции в проектировании и ведении горных работ являются частые аварии на транспортерных линиях и, как результат этого, большие потери добычи угля.

Из сказанного видно, какими крупными резервами роста производительности труда обладают угольные шахты Кузбасса. Расчет резервов целесообразно производить в следующем порядке<sup>1</sup>.

Общий суточный фонд времени  $A$ , возможный к использованию согласно упоминавшейся крупной серии массовых наблюдений в очистных забоях угольных шахт бассейна, составляет 13 563 человеко-часа. Фактическая трудоемкость  $T_{\phi}$  соответствует времени, фактически затраченному на выполнение основных, вспомогательных и подготовительно-заключительных операций вместе с регламентированными перерывами. По тем же данным, эта фактическая трудоемкость составила 10 463 человеко-часа. Резервы фонда рабочего времени  $P_{\phi}$  составят в этом случае  $P_{\phi} = A - T_{\phi} = 13 563 - 10 463 = 3 100$  человеко-часов, т. е. 23% ко всему фонду  $A$ .

Следовательно, одни только резервы фонда рабочего времени (экстенсивные резервы) составляют 23% по отношению к достигнутому уровню производительности труда.

Кроме экстенсивных, имеются еще и интенсивные резервы. Например, при анализе материалов наблюдений часто встречается такое непонятное на первый взгляд явление: потерь рабочего времени нет, а уровень выполнения норм выработки не превышает 60—80%. Дальнейшие изыскания показывают, что в этих случаях, как правило, отмечается несоответствие фактических условий работы обычным, нормальным, которые предусмотрены соответствующими технологическими и санитарно-гигиеническими правилами. Загазирование забоев и недостаточная вентиляция; повышенная влажность и диаметр крепежного леса; недостаточная квалификация рабочих; неисправность оборудования; недостаток инструмента; недоброкачественное ведение взрывных работ и т. д. — все это повышает затраты труда на выполнение одного и того же объема работ, весьма существенно снижает уровень производитель-

<sup>1</sup> В основу расчета положена методика, предложенная Г. А. Пруденским в книге «Внутрипроизводственные резервы». Госполитиздат, 1954.

ности труда, хотя потери рабочего времени и не фиксируются наблюдателем. Анализ и сопоставление уровней выполнения норм выработки и степени использования рабочего времени, как правило, не выявляют прямой зависимости между этими двумя показателями.

В целом по итогам указанной выше массовой серии наблюдений уровень выполнения норм выработки составил 108%. Если же исключить из подсчета рабочих, которые по не зависящим от них причинам не выполнили своих норм, то этот уровень составит 131%. Следовательно, при условии обеспечения всем рабочим нормальных условий работы затраты труда составили бы 0,83% от фактических (108 : 131). В практике нашего планирования давно уже назрел вопрос о том, чтобы перестать ориентироваться на среднеарифметические показатели выполнения норм, а брать за основу при составлении планов по труду показатели бригад, которые выполняют и перевыполняют свои нормы. Такой порядок исключит равнение на отстающих, на всякие нарушения технологической дисциплины, на недостатки в организации труда. Планируемая таким образом трудоемкость  $T_{\phi}$  еще не является прогрессивной, так как не предусматривает введение передовой технологии, прогрессивных форм организации труда и т. д. Согласно проведенным числовым значениям, эта планируемая трудоемкость  $T_{\phi}$  составит 8 683 человеко-часа ( $10 463 \times 0,83$ ). Следовательно, резервы трудоемкости составят в данном случае  $P_{\tau} = T_{\phi} - T_{\phi} = 10 463 - 8 683 = 1 780$  человеко-часов, что составляет 13% по отношению ко всему фонду времени  $A$ , или к достигнутому уровню производительности труда.

В данном расчете предусматривается использование лишь части интенсивных резервов. Другие (усовершенствование системы разработки, механизация трудоемких процессов, увеличение доли времени непосредственно на выемку угля и т. п.) нами в этом расчете не принимаются во внимание. Но на каждом отдельном участке или шахте экономическая эффективность таких мероприятий, намечаемых к внедрению, может быть учтена при составлении соответствующих расчетов.

Общая величина резервов  $P$  составит:  $P = P_{\phi} + P_{\tau} = 3 100 + 1 780 = 4 880$  человеко-часов, или 36% всего фонда времени  $A$ .

В практике возможны случаи, когда уровень выполнения норм выработки в какой-то мере зависит от степени использования рабочего времени. В этих конкретных случаях к сумме экстенсивных и интенсивных резервов могут быть применены поправочные коэффициенты порядка 0,6—0,8. Например, при применении такого поправочного коэффициента 0,7 к указанной выше сумме резервов (23 + 13%) общая величина резервов составит 25,2%. Эти поправочные коэффициенты могут быть рассчитаны на основании данных фотохронометражных наблюдений на шахте или на отдельном участке.

Сама величина этих неиспользуемых резервов роста производительности труда говорит об их значении в выполнении заданий семилетнего плана. Рассмотренные материалы указывают один из основных путей к использованию всех внутренних резервов производства на угольных шахтах Кузнецкого бассейна.

Структура потерь рабочего времени (простоев), зависящих от недостатков в организации труда и производства, выглядит следующим образом: простои из-за неполадок в оборудовании и механизмах — 35%, простои из-за перебоев в материально-техническом снабжении — 32% (в том числе из-за перебоев в снабжении подвижным составом — 20%), простои из-за остановок надзором вследствие нарушений правил безопасности и по причинам других недостатков в организации труда внутри бригады — 28%, простои из-за опозданий работников смежных про-





фессий — 5%. Эти потери могут быть значительно сокращены при следующих условиях:

а) создание необходимых резервов машин, узлов, деталей; организация ремонта узловым методом; создание сменных запасов подвижного состава у забоев;

б) увеличение численности очистных бригад, особенно в комбайновых лавах, в соответствии с мощностью машин и нормами выработки на соответствующие работы; расширение обязанностей комплексных бригад путем включения в них взрывных, электрослесарных и некоторых других работ;

в) устранение недостатков в проектировании и планировании горных работ.

#### Рациональное использование связанного с производством внерабочего времени — важная задача организации труда

На угольных шахтах существуют затраты внерабочего времени трудящихся, связанные с производством, которые могут быть значительно уменьшены при более рациональной организации труда шахтеров.

Основным направлением этой работы по увеличению фонда свободного времени подземных рабочих угольных шахт является упорядочение системы нарядов. Как показывают материалы наблюдений на многих шахтах бассейна, на ожидание и получение наряда рабочие тратят ежедневно десятки минут. В то же время опыт многих предприятий показывает, что эти затраты времени можно свести к считанным минутам. Упорядочение проведения нарядов на шахте Польшаевская-2 высвободило рабочим ежедневно по 40 минут, на шахте Грамотейнская-1-2 — не менее получаса. Наблюдения по всем шахтам треста Сталинуголь за один день показали, что на шахте № 3-3-бис проведение наряда заняло всего 1 мин., а на соседней шахте Черная гора — 36 мин., на шахте им. Сталина — 30 мин., не считая времени на ожидание наряда. Передовые шахты и участки пошли по пути полной отмены нарядов на поверхности и перенесения их непосредственно в забой, что делает наряд более содержательным и конкретным.

Много времени отнимают у рабочих очереди в ламповых и гардеробных (по 10—15 минут ежедневно). На шахтах г. Ленинска-Кузнецкого эти затраты времени сведены к нескольким минутам благодаря введению самообслуживания как в ламповых, так и в шахтных гардеробных. Затраты на переоборудование ламповых окупаются в срок не более одного года, что же касается некоторых затрат на переоборудование гардеробных, то они представляют собой крайне незначительную сумму.

Наблюдатели отмечают большие затраты времени рабочими на ожидание спуска — подъема и на передвижение от ствола к забоям и обратно. Одно лишь введение жестких и постоянных графиков работы спуска — подъема и движения подземных пассажирских поездов сможет сберечь рабочим по 20—30 минут ежедневно. Например, осуществление такого мероприятия на шахте Польшаевская-2 привело к тому, что затраты времени на спуск — подъем стали здесь на 23 минуты меньше, чем на шахте Северная, и на 18 минут меньше, чем на шахте им. Сталина. На шахте Чертинская-1 подсчитано, что после введения самообслуживания в ламповых и гардеробных, введения постоянных графиков работы спуска — подъема и движения подземных пассажирских поездов свободное время подземных рабочих увеличилось на 35—40 минут.

Даже этот краткий обзор итогов наших исследований показывает, что задача увеличения фонда свободного времени подземных рабочих угольных шахт не менее чем на 1 ч является вполне реальной.

К рассматриваемому вопросу непосредственно примыкает вопрос об улучшении качественной характеристики свободного времени трудящихся, что связано прежде всего с вопросом о предельном сокращении работ в ночное время. Известно, что эти работы не соответствуют условиям жизнедеятельности человеческого организма, которые сложились в течение бесчисленных поколений людей, для которых ночь — это время глубокого покоя. По этой причине производительность труда ночью ниже, чем в дневное время. В очистных забоях угольных шахт Кузбасса, по материалам упоминавшейся серии наблюдений, уровень выполнения норм в первую смену — 110%, во вторую — 114, в третью — 104 в четвертую — всего 96%. Количество рабочих, не выполнивших нормы выработки в первую смену, составило 34%, во вторую — 28, в третью — 45, в четвертую — 65%.

Перевод всех подземных рабочих угольных шахт на 6-часовой рабочий день позволяет предельно сократить ночные работы путем введения трехсменного режима с 6-часовым перерывом в конце суток. При таком режиме работы последняя третья смена будет заканчивать работу в 1-2 часа ночи. Такая продолжительность работы в ночное время уже не будет оказывать серьезного влияния на производительность труда.

В бассейне имеются шахты и с двухсменным режимом, при котором работы в ночное время полностью исключаются. Так, на большинстве участков шахты Суртаиха переход на двухсменную работу был осуществлен в 1960 г. Для этого была проведена серьезная подготовка: нарезано на новых угольных забоях, улучшена работа подземного транспорта, в частности была увеличена длина разминовки на концентрационном греке нижнего горизонта, расширен околоствольный двор по пласту I, внутреннему, на том же горизонте введен в эксплуатацию еще один электровоз, количество угольных вагонеток увеличено на 150 штук и совозных — на 50 штук; оборудована механическая перегрузка материалов с колеи 600 на колею 900 мм. Численность вспомогательного персонала при переходе на работу в две смены уменьшилась на 50 человек без снижения уровня добычи. Наоборот, месячная производительность труда увеличилась на 10 т, а себестоимость 1 т угля снизилась на 10 копеек. Годовая экономия при этом составила 124 тыс. рублей.

Такой же положительный опыт имеет шахта Анжерская № 2, где после перехода на работу в две смены выросли и производительность труда, и среднесуточная добыча.

Ясно, что переход шахт на работу без ночных смен намного улучшает условия труда подземных рабочих угольных шахт.

#### Техническое нормирование — основа рационального использования рабочего времени

Технические нормы выработки основываются на объективных данных, полученных при изучении использования рабочего времени, анализе производственных возможностей данного рабочего места, проектировании наиболее рациональной организации производства с учетом передового опыта. В противоположность этому опытно-статистические нормы имеют субъективную основу — личный опыт нормировщика, мастера. При установлении таких норм ориентируются не на передовую, а на существующую организацию труда со всеми ее недостатками и упущениями. При опытно-статистическом нормировании нет необходимости



исследовать все резервы производства, вскрывать недостатки в организации труда, изучать и устранять потери рабочего времени. Такое нормирование представляет собой серьезное препятствие в деле выявления и использования всех внутренних резервов производства для повышения производительности труда.

Существующие нормы на подземных горных работах угольных шахт Кузнецкого бассейна, как и некоторых других бассейнов, технически недостаточно обоснованы<sup>1</sup>. Это подтверждается, например, тем обстоятельством, что уровень выполнения норм выработки по указанной выше серии наблюдений на 36 шахтах бассейна, в пересчете на фактически использованное время, составил 140%, а в комбайновых лавах — 159%. Средний уровень выполнения норм выработки, без такого пересчета, по данным этих наблюдений, составил 108%, а в настоящее время, по данным текущей отчетности, он составляет 115—120%. Очевидно, что ныне действующие нормы выработки на подземных работах Кузбасса являются опытно-статистическими.

Несколько лет тому назад Р. Хисин предложил свою методику усовершенствования действующих опытно-статистических норм, в результате чего, по мнению автора, они становятся техническими<sup>2</sup>. Для этого автор рекомендует лишь пересчитать нормы с учетом их фактического выполнения. Наш расчет по предлагаемой автором методике показал, что в забоях на крутом и пологом падении шахт Кузбасса действующие нормы выработки следует поднять на 13, на наклонном падении — на 12%. В то же время уровень выполнения действующих норм, в пересчете на фактически использованное время, на крутом падении составляет 138%, на наклонном падении — 121, на пологом падении — 148, а в целом по всем забоям — 140%.

Следовательно, такое предложение об усовершенствовании действующих опытно-статистических норм для угольных шахт Кузнецкого бассейна уже не может быть приемлемым, так как методика Р. Хисина базируется на тех же самых нормах, а не на возможностях рабочих мест и даже не предусматривает полного использования всего фонда рабочего времени.

Единственно правильными и технически обоснованными могут быть лишь такие нормы, которые предусматривают полное использование всех производственных возможностей рабочего места, забоя, участка, способствуют вскрытию всех внутрипроизводственных резервов и достижению наивысшей производительности труда.

Недостатком существующей практики технического нормирования в очистных забоях угольных шахт является также отсутствие в соответствующих нормативах перерывов на отдых в тех забоях, где применяются взрывчатые материалы. Продолжительность перерывов действующими нормативами устанавливается в размерах до 19% по отношению к оперативному времени. Суммарная продолжительность перерывов на ведение взрывных работ фактически, по материалам тех же наблюдений, не превышает 15% от того же оперативного времени. В то же время нормативами предусматривается совмещение перерывов на взрывные работы с перерывами на отдых. Даже эти цифры говорят о необоснованности такого совмещения, не говоря уже о том, что во время перерывов при взрывных работах рабочие охраняют подходы к месту взрыва, ведут счет взрываемым зарядам, следят за состоянием кровли вырабо-

<sup>1</sup> Рабочая методика по теме «Единые нормы выработки (времени) на подземные горные работы в угольной и сланцевой промышленности», Изд. ЦБПП НИИ труда, 1960 (ротапринт).

<sup>2</sup> «Социалистический труд», № 1, 1957.

ток, часто находятся в исходящей струе с вредными продуктами взрыва. Все это не может быть совмещено с отдыхом. Подземным рабочим угольных шахт нужны перерывы на отдых в середине рабочего дня, независимо от каких-либо других перерывов.

Выше были рассмотрены некоторые направления работы по улучшению состояния технического нормирования рабочего времени. Но необходимо также поставить вопрос о нормировании некоторых затрат вне рабочего времени, связанного с производством, по пути от поверхности шахты до забоя и обратно. Безусловно, нормирование этих затрат рабочего времени не имеет никакого отношения к заработной плате, но зато будет способствовать сокращению нерациональных затрат вне рабочего времени. Сейчас уже имеется некоторый опыт этой работы на угольных шахтах бассейна, что нашло свое отражение в коллективных договорах, заключенных в 1961 г. Впервые такое решение принято на шахте Польшаевской-2 в сентябре 1960 г. при обсуждении итогов изучения использования вне рабочего времени, связанного с производством. Затем такие же решения были приняты на других шахтах городов Ленинска-Кузнецкого, Кемерово, Прокопьевска, Белова и др. Кемеровский областной совет профсоюзов в специальном постановлении распространил этот опыт и на другие отрасли промышленности Кузбасса. Одобрено это начинание также ЦК профсоюза рабочих угольной промышленности. В мероприятиях, включаемых в коллективные договоры, предусматривается упорядочение нарядной системы, перевод гардеробных и ламповых на самообслуживание, установление графиков работы спуска — подъема и движения пассажирских электропоездов и т. п. На шахтах в связи с этим подсчитывается длительность затрат времени на отдельных участках пути от поверхности к забоям, устанавливаются конкретные сроки проведения тех или иных мероприятий по сокращению отдельных затрат времени и т. д.

Все это, очевидно, окажет самое положительное влияние на сокращение нерациональных затрат времени трудящихся, на улучшение условий труда подземных рабочих угольных шахт.

Краткое изложение результатов исследований, проведенных коллективом научных и практических работников, показывает, что на угольных шахтах Кузнецкого бассейна имеются широкие возможности для повышения производительности и улучшения условий труда, которые могут быть осуществлены путем более рационального использования всего фонда как рабочего, так и связанного с производством вне рабочего времени трудящихся.



Л. Я. МИЗЮК

**МЕТОДЫ ПОМЕХОЗАЩИТЫ  
ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ  
С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ФАЗОЙ**

Вопросы разработки методов помехозащиты при приеме сигналов с изменяющейся фазой имеют важное практическое значение, так как почти во всех реальных случаях измерений фаза сигнала не остается постоянной.

Рассмотрим сначала прием таких сигналов методом фильтрации. Изменение фазы гармонического сигнала по существу приводит к тому, что приходится измерять напряжение, модулированное по фазе, которое можно записать выражением:

$$u_c = U_{m_c} \sin [\omega_c t + \varphi_0 + \Delta\varphi(t)].$$

При малых индексах модуляции, о которых только и может идти речь при измерении гармонических сигналов, спектр измеряемого напряжения подобен спектру амплитудно модулированного сигнала и состоит из несущей и двух боковых составляющих. Общая мощность сигнала оказывается при этом распределенной между несущей и боковыми.

Если бы физическое осуществление систем с оптимальной помехоустойчивостью, работающих методом фильтрации, не было затруднено, то при определении их параметров пришлось бы учитывать необходимость пропускания боковых составляющих без заметного ослабления с тем, чтобы не терялась часть мощности сигнала. Однако полоса пропускания в практически применяемых фильтрах навного превышает полосу, требуемую динамикой системы [1], и обычно с избытком достаточна для пропускания боковых частот, появляющихся при медленных изменениях фазы. Поэтому помехоустойчивость реальных систем при использовании метода фильтрации обычно не зависит от изменения фазы сигнала.

Совсем по-иному обстоит дело с методами взаимной корреляции и накопления. В обычной их модификации, рассмотренной в [1], они не могут быть применены для измерения сигналов с изменяющейся фазой. Возникает вопрос, можно ли с помощью специальных приемов расширить применимость этих методов и на случай измерения гармонических сигналов с изменяющейся фазой? Да, можно указать, по крайней мере, три таких пути.

Во-первых, это метод многоканального приема, заключающийся в том, что сигнал принимается рядом обычных приемников, работающих по схеме взаимной корреляции или накопления, к которым опорные напряжения подаются сдвинутыми одно относительно другого на некоторый фазовый угол. Если отсчет брать в канале, дающем максимальное значение функции корреляции (напряжения на накопителях), то такая система пригодна для измерения сигнала с изменяющейся фазой. Одна-

ко измерительная схема получается громоздкой, особенно при требованиях точных измерений.

Во-вторых, это метод, которому можно присвоить название метода следящей фазы. Он заключается в том, что фаза опорного напряжения коррелятора (или коммутирующего напряжения в схеме накопления сигнала) регулируется с помощью следящей системы экстремального типа так, чтобы фазовый угол между сигналом и опорным напряжением неизменно оставался равным  $0^\circ$  или  $180^\circ$ .

Идея третьего метода, который можно назвать методом квадратурного приема, состоит в получении взаимно корреляционных функций сигнала с двумя ортогональными опорными напряжениями и последующим вычислением среднеквадратичного значения. Аналогично в методе накопления определяется среднеквадратичное из напряжений на накопителях, коммутируемых ортогональными функциями.

Остановимся более подробно на двух методах, представляющих для практики наибольший интерес.

**Метод следящей фазы**

Рассмотрим его применительно к корреляционному методу приема сигнала.

Предположим, что измеряемый сигнал и опорное напряжение соответственно равны  $u_c = U_{m_c} \sin \omega(t + \Delta t)$  и  $u_0 = U_{m_0} \sin \omega t$ . Тогда функция их взаимной корреляции

$$B_{(\Delta t)} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{m_c} \sin \omega(t + \Delta t) \cdot U_{m_0} \sin \omega t dt. \quad (1)$$

Учитывая, что  $\omega \Delta t = \psi$  и полагая  $U_{m_0} = \text{const}$ , получаем

$$B_{(\Delta t)} = k U_{m_c} \cos \psi, \quad (2)$$

где  $k$  — постоянный коэффициент. Из (2) видно, что при изменении  $\psi$  показание измерительной схемы не остается постоянным. Если теперь изменять фазу опорного напряжения и делать ее всегда равной  $\psi + \alpha$ , где  $\alpha = \text{const}$ , то (1) превращается в

$$B_{(\alpha)} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{m_c} \sin(\omega t + \psi) U_{m_0} \sin(\omega t + \psi + \alpha) dt = k U_{m_c} \cos \alpha. \quad (3)$$

Как следует из (3), теперь показание измерительного устройства не зависит от изменения фазы сигнала  $\psi$ . В частном случае при  $\alpha = 0$  или  $\alpha = 180^\circ$  (3) превращается в

$$B_{(0,180)} = \pm k U_{m_c}, \quad (4)$$

и корреляционный приемник обеспечивает измерение амплитуды сигнала.

Аналогичные выводы получаются и для схемы с накоплением сигнала, поскольку выходное напряжение в ней определяется тоже выражением (2).

Основой метода следящей фазы является следящая система экстремального регулирования. Возможны несколько способов построения таких систем.



По первому способу (см. блок-схему рис. 1, а) на вход следящей системы  $CP$  подается напряжение с выхода корреляционного приемника (интегрирующего звена  $ИЗ$ ). Следящая система обрабатывает фазовращатель  $\Phi_p$  до тех пор, пока напряжение на выходе не достигнет максимума. Ввиду малых изменений выходного напряжения вблизи экстремума (косинусоидальная зависимость  $\psi$ , см. выражение (2)) точность поддержания синфазности сигнала и опорного напряжения в такой схеме невелика. Однако помехоустойчивость следящей системы, обрабатывающей фазу, в этой схеме наибольшая, так как отношение сигнала к помехе на выходе коррелятора, с которого взят входной сигнал для следящей системы, максимально ( $\psi$  стремится к 0, а напряжение сигнала на выходе — к максимуму).

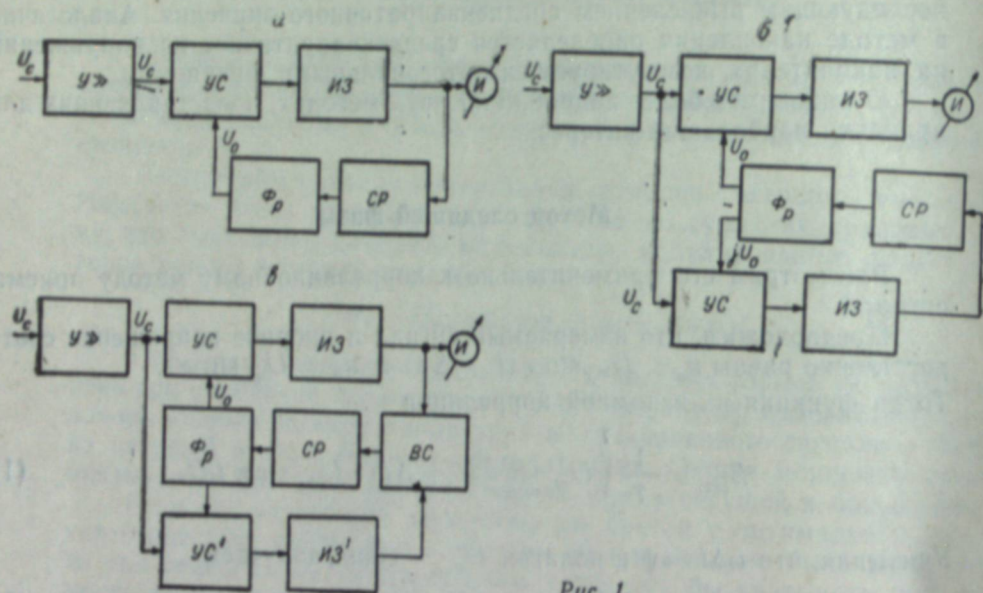


Рис. 1.

Во втором способе (блок-схема рис. 1, б) входной сигнал на следящую систему  $CP$  подается с выхода вспомогательного коррелятора (умножающая схема  $УС'$  и интегрирующее звено  $ИЗ'$ ), управляемого опорным напряжением, находящимся в квадратуре (сдвиг на  $90^\circ$ ) с опорным напряжением  $U_0$ , подведенным к умножающей схеме  $УС$  приемного канала. Напряжение, поступающее на вход следящей системы, в соответствии с (2) выражается соотношением

$$u = kU_{m_c} \cos(\psi + 90^\circ) = kU_{m_c} \sin \psi,$$

т. е. пропорционально производной от выходного сигнала. В момент перехода фазы  $\psi$  через нуль (экстремум) происходит изменение знака сигнала, подводимого к следящей системе. Чувствительность регулирующей системы при этом максимальна. Что касается помехоустойчивости следящей системы, то в этой схеме она неудовлетворительна, так как входной сигнал берется с коррелятора, работающего вблизи квадратуры между сигналом и опорным напряжением, когда функция взаимной корреляции между ними близка к нулевому значению и, следовательно, отношение сигнал/помеха на выходе минимально.

Таким образом, если в первой следящей системе удовлетворительна помехоустойчивость, но низка чувствительность, то во второй, наоборот, высока чувствительность, но неудовлетворительна помехозащита.

Возникает вопрос, нельзя ли построить систему, в которой сочетались бы достоинства первых двух следящих систем, а недостатки их были устранены? Такую систему построить можно, если принять за основу блок-схему рис. 1, в.

Входной сигнал на следящую систему подается здесь с вычитающей схемы  $BC$ , напряжение на выходе которой равно разности взаимно корреляционных функций сигнала с ортогональными напряжениями  $u_0$  и  $ju_0$ . Очевидно, что напряжение на выходе вычитающей схемы пройдет через нуль (экстремум), когда фазовый угол между сигналом и каждым из опорных напряжений окажется равным  $45^\circ$ . Таким образом, следящая система будет обрабатывать фазорегулятор  $\Phi_p$  до тех пор, пока напряжение на выходе схемы не станет равным в соответствии с (3) величине

$$U_{\text{вых}} = kU_{m_c} \cos 45^\circ = \frac{k}{\sqrt{2}} U_{m_c}.$$

При фазовом угле  $45^\circ$  чувствительность схемы еще достаточно велика, а помехоустойчивость корреляционных приемников незначительно меньше максимальной (отношение сигнал/помеха меньше наилучшего приблизительно на 30%).

До сих пор мы не касались вопроса скорости изменения фазы. Между тем он имеет большое значение. Помехоустойчивость корреляционного приемника жестко связана с динамикой системы [1]. Если скорости изменения фазы сигнала невелики, как это обычно бывает при измерении гармонических сигналов, то динамические свойства системы обеспечивают практически безынерционное изменение выходного напряжения коррелятора вслед за изменением фазы сигнала. Поэтому при соответствующем быстродействии следящей системы все устройство работает нормально.

Если скорости изменения фазы сигнала достаточно велики, то необходимо уменьшать постоянную времени интегрирующих звеньев, а следовательно, улучшать динамические свойства коррелятора. Это противоречит требованиям помехозащиты, так как с уменьшением постоянной времени системы растет полоса пропускания и падает ее помехоустойчивость.

Все сказанное выше относительно корреляционного приема в равной мере справедливо и для схем, работающих по методу накопления сигнала.

### Метод квадратурного приема

Рассмотрим этот метод применительно к методу накопления сигнала.

Предположим, что измерительная схема состоит, как показано на рис. 2, из двух коммутаторов  $K_1$  и  $K_2$ , управляемых ортогональными функциями

$$x_1(t) = 0,5 + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{\sin(2n-1)\omega t}{2n-1},$$

$$x_2(t) = 0,5 + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{\cos(2n-1)\omega t}{2n-1}.$$



Измеряемый сигнал  $u_c = U_{m_c} \sin(\omega t + \psi)$  подается параллельно на оба коммутатора. Коммутаторы включают и выключают накопители  $H_1$  и  $H_2$ , напряжение на выходе которых есть не что иное, как постоянная составляющая из произведений сигнала на соответствующие функции коммутации, т. е. активная и реактивная компоненты сигнала

$$\begin{aligned} U_{H_1} &= \overline{x_1(t) u_c} = A_1 U_{m_c} \cos \psi, \\ U_{H_2} &= \overline{x_2(t) u_c} = A_2 U_{m_c} \sin \psi, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $A_1, A_2$  — коэффициенты передачи первого и второго каналов. С накопителей напряжения подаются на функциональную схему  $\Phi C$ , напряжение на выходе которой пропорционально среднему квадратичному, т. е. корню квадратному из суммы квадратов входных напряжений, которые пропорциональны, как следует из (5), активной и реактивной компонентам сигнала. При идентичных каналах  $A_1 = A_2 = A$  показание измерителя определяется выражением

$$U = \sqrt{U_{H_1}^2 + U_{H_2}^2} = \sqrt{(A U_{m_c} \cos \psi)^2 + (A U_{m_c} \sin \psi)^2} = A U_{m_c}, \quad (6)$$

т. е. не зависят от изменения фазы сигнала. Совершенно аналогичная картина получается и при квадратурном приеме в методе взаимной корреляции.

Сложение выходных напряжений по среднеквадратичному закону обеспечивает квадратурному приему высокую помехоустойчивость, мало зависящую от фазы сигнала. Действительно, если  $\psi = 90^\circ$ , то помехоустойчивость в одном канале максимальна, а в другом минимальна. При вычислении среднеквадратичного значения к квадрату большой величины, которой является реактивная компонента, прибавляется квадрат малой величины (взаимной корреляции помех и опорного сигнала канала активной компоненты), влиянием которого можно почти пренебречь.

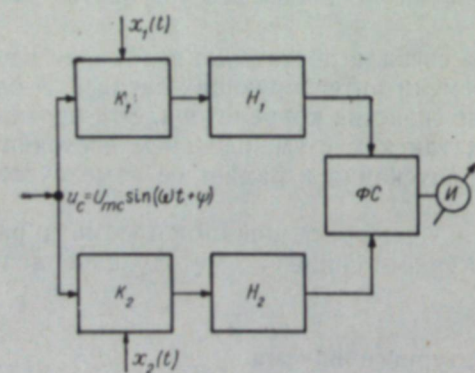


Рис. 2.

Важным требованием при квадратурном приеме является симметрия каналов, так как нарушение симметрии вызывает погрешности измерений. Ответственным элементом схемы является функциональное устройство, обеспечивающее вычисление среднеквадратичной величины. Входными напряжениями при этом являются постоянные или медленно меняющиеся напряжения. При выборе принципа действия функционального устройства важно обеспечить не только правильное вычисление среднеквадратичного значения, но и получить возможность удобного измерения фазового угла сигнала. При этом приходится считаться с тем, что простое отношение компонент или компонент к модулю дает нелинейные шкалы для отсчета фазы и поэтому нежелательно.

Не рассматривая всех возможных способов выполнения схем среднеквадратичного сложения, остановимся на одном из них, основанном на двухфазном преобразовании частот [2], ввиду его особого значения для схем измерения сигналов с изменяющейся фазой.

Предположим, что необходимо найти среднеквадратичное значе-

ние из двух постоянных напряжений  $U_1$  и  $U_2$ . Подведем эти напряжения на вход идентичных балансных модуляторов  $БМ_1$  и  $БМ_2$  (рис. 3), управляемых находящимися в квадратуре вспомогательными напряжениями  $u_0$  и  $ju_0$  частоты  $\omega_n$ . Напряжения на выходе модуляторов, определяемые произведениями входного сигнала на коэффициенты передачи модуляторов, складываются в суммирующей схеме  $СС$ . В идеальном случае коэффициент передачи одного из модуляторов изменяется по синусоидальному, а второго — по косинусоидальному законам. Тогда на вход суммирующей схемы поступают два переменных напряжения частоты

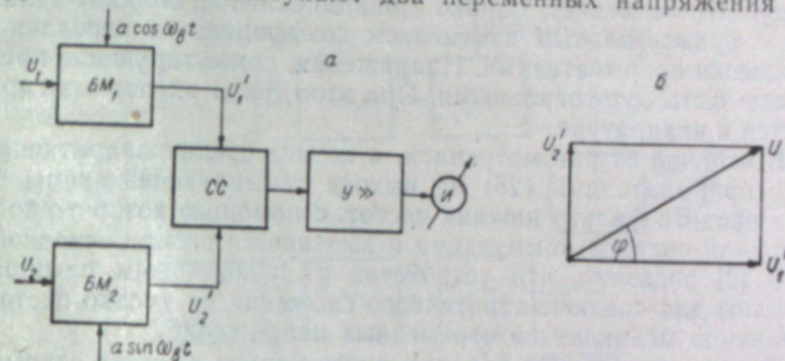


Рис. 3.

$\omega_n$  с амплитудами, пропорциональными напряжениям, подлежащим сложению по среднеквадратичному закону, и относительным фазовым сдвигом  $90^\circ$ , т. е.

$$\begin{aligned} u_1' &= a U_1 \cos \omega_n t, \\ u_2' &= a U_2 \sin \omega_n t, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $a$  — коэффициент пропорциональности.

Векторная диаграмма сложения находящихся в квадратуре напряжений  $U_1'$  и  $U_2'$  приведена на рис. 3, б. Как следует из диаграммы, суммарное напряжение равно

$$u = a \sqrt{U_1^2 + U_2^2} \sin(\omega_n t + \varphi). \quad (8)$$

Модуль его пропорционален среднеквадратичному значению из входных напряжений  $U_1$  и  $U_2$ , а фазовый угол

$$\varphi = \text{arctg} \frac{U_2'}{U_1'} = \text{arctg} \frac{U_2}{U_1}. \quad (9)$$

Если напряжение  $U_1$  пропорционально активной  $U_{m_c} \cos \psi$ , а напряжение  $U_2$  — реактивной  $U_{m_c} \sin \psi$  компонентам сигнала, то фазовый угол напряжения на выходе суммирующей схемы в соответствии с (9) равен:

$$\varphi = \text{arctg} \frac{U_{m_c} \sin \psi}{U_{m_c} \cos \psi} = \text{arctg} \text{tg} \psi = \psi.$$

Таким образом, применение рассмотренной функциональной схемы в методе квадратурного приема дает не только модуль сигнала, но и позволяет легко измерить его фазовый угол с помощью фазометра любой системы, работающего на фиксированной частоте  $\omega_n$ .

В схеме рис. 3, а, обеспечивающей измерение амплитуды сигнала,



переменное напряжение с выхода суммирующей схемы усиливается усилителем  $U$  и далее измеряется, например, выпрямительным вольтметром  $И$ . Для измерения фазы сигнала необходимо было бы в эту схему ввести фазометр, на вход которого подать напряжение, управляющее балансным модулятором  $БМ$ , и напряжение с выхода суммирующей схемы.

В реальных схемах среднеквадратичного сложения с двухфазовым преобразованием частоты работают модуляторы, коэффициенты передачи которых изменяются не по гармоническому, а по прямоугольному закону. Это не меняет, однако, принципиальной стороны дела. Модуляторы с прямоугольным изменением коэффициентов передачи являются фактически прерывателями. Напряжения, коммутирующие прерыватели, должны быть ортогональными. При этом фазы их первых гармоник находятся в квадратуре.

В отличие от рассмотренной, в схемах среднеквадратичного сложения с прерывателями (28) на выходе суммирующей схемы  $СС$  приходится вводить фильтр нижних частот, с помощью которого подавляются гармоники частоты коммутации и выделяется сигнал основной частоты.

В [2] показано, что устройства с двухфазовым преобразованием пригодны для среднеквадратичного сложения не только постоянных, но и медленно меняющихся переменных напряжений.

Применение метода квадратурного приема сигнала открывает большие возможности перед измерительной техникой и поэтому целесообразно рассмотреть его практические приложения, в частности методы синхронно-квадратурного и квазисинхронного приема.

#### Методы синхронно-квадратурного и квазисинхронного приема сигнала

Методы синхронно-квадратурного и квазисинхронного приема позволяют обеспечить высокую помехоустойчивость при измерении гармонических сигналов с изменяющейся фазой.

Основной первой из них являются двухканальные корреляционные схемы или схемы с накоплением сигнала, работающие по методу квадратурного приема с вычислением среднеквадратичного значения по способу двухфазного преобразования частоты. Схемы синхронно-квадратурного приема обеспечивают возможность измерения как амплитуды, так и фазы сигнала.

Способ построения схем при квазисинхронном приеме оказывается таким же, как при синхронно-квадратурном, но в отличие от него не требует жесткой связи между частотами опорного напряжения и сигнала, как это необходимо в методах взаимной корреляции и накопления; здесь достаточно лишь, чтобы частоты были очень близкими. Обеспечивая при высокой стабильности частот сигнала и опорного напряжения практически такую же помехоустойчивость, как и синхронно-квадратурный прием, квазисинхронный прием реализуется в ряде случаев значительно проще, что иногда имеет решающее значение при выборе схемы помехозащиты. Однако при квазисинхронном приеме возможны только амплитудные измерения. Для измерения фазы этот метод непригоден, так как отсутствует опорное синхронное напряжение, относительно которого мог бы быть взят отсчет фазы.

Рассмотрим сначала метод синхронно-квадратурного приема в применении к корреляционной схеме. Блок-схема измерительного устройства, работающего по этому методу, приведена на рис. 4. Измеряемый сигнал  $u_c \parallel U_{mc} \sin(\omega_c t + \psi)$  поступает на вход двух умножающих

схем  $УС_1$  и  $УС_2$ , управляемых находящимися в квадратуре опорными напряжениями  $U_0 \sin \omega_0 t$  и  $U_0 \sin(\omega_0 t + 90^\circ)$  той же частоты, что и сигнал. Интегрирующие звенья  $ИЗ_1$  и  $ИЗ_2$ , представляющие собой идентичные фильтры нижних частот, выделяют из выходных напряжений умножающих схем постоянные составляющие и нулевые биения, возникающие от помех, близких по частоте к сигналу. Из напряжений на выходе интегрирующих звеньев с помощью схемы с двухфазным преобразованием частоты вычисляется среднеквадратичное значение.

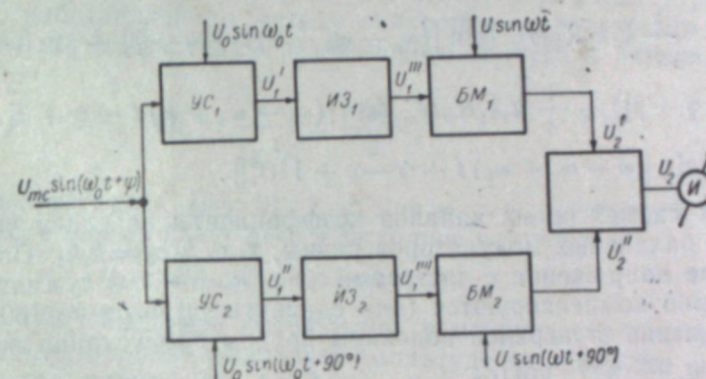


Рис. 4.

Предположим, что на вход устройства подан сигнал  $u_1 = U_{m1} \sin(\omega_c t - \psi)$  с некоторой частотой  $\omega_c$ . На вход интегрирующих звеньев при этом поступают напряжения

$$u_1' = U_{m1} \sin(\omega_c t - \psi) \cdot k_1 \sin \omega_0 t, \quad (10)$$

$$u_1'' = U_{m1} \sin(\omega_c t - \psi) \cdot k_2 \sin(\omega_0 t + 90^\circ),$$

где  $k_1, k_2$  — коэффициенты передачи умножающих схем. Разлагая произведение синусов и учитывая, что фильтры нижних частот сильно подавляют составляющие суммарной частоты и пропускают составляющие разностных частот  $\Omega = \omega_c - \omega_0$  или  $\Omega = \omega_0 - \omega_c$ , если они лежат в полосе их прозрачности, легко записать выражения для напряжений на выходе фильтров. Полагая интегрирующие звенья идентичными и принимая модуль и фазовый угол их коэффициентов передачи соответственно равными  $K_\Phi$  и  $\beta$ , получаем для верхней половины полосы пропускания ( $\omega_c > \omega_0$ )

$$u_{1n}' = \frac{1}{2} k_1 K_\Phi U_{m1} \cos [(\omega_c - \omega_0) t - \psi + \beta], \quad (11)$$

$$u_{1n}'' = \frac{1}{2} k_2 K_\Phi U_{m1} \cos [(\omega_c - \omega_0) t - \psi + \beta - 90^\circ].$$

Соответственно для нижней половины полосы ( $\omega_c < \omega_0$ )

$$u_{1n}' = \frac{1}{2} k_1 K_\Phi U_{m1} \cos [(\omega_0 - \omega_c) t + \psi + \beta],$$

$$u_{1n}'' = \frac{1}{2} k_2 K_\Phi U_{m1} \cos [(\omega_0 - \omega_c) t + \psi + \beta - 90^\circ]. \quad (12)$$

Примем, что коэффициенты передачи  $k_3$  и  $k_4$  балансных модуляторов изменяются по гармоническому закону с некоторой частотой  $\omega$ . Тогда на-



пряжения на их выходе, например, для верхней половины полосы определяются из выражений

$$u_{2в}^{\cdot} = \frac{1}{2} k_1 K_{\Phi} U_{m_1} \cos [(\omega_c - \omega_0) t - \psi + \beta] \cdot k_3 \sin \omega t, \quad (13)$$

$$u_{2в}^{\cdot\cdot} = \frac{1}{2} k_2 K_{\Phi} U_{m_1} \cos [(\omega_c - \omega_0) t - \psi + \beta - 90^\circ] \cdot k_4 \sin (\omega t + 90^\circ).$$

Разлагая эти произведения, находим составляющие напряжений, поступающие на суммирующую схему от верхней половины полосы,

$$u_{ссв} = u_{2в}^{\cdot} + u_{2в}^{\cdot\cdot} = \frac{1}{4} k_1 k_3 K_{\Phi} U_{m_1} [\sin [(\omega_c - \omega_0 + \omega) t - \psi + \beta] + \sin [(\omega - \omega_c + \omega_0) t + \psi - \beta]] + \frac{1}{4} k_2 k_4 K_{\Phi} U_{m_1} [\sin [(\omega_c - \omega_0 + \omega) t - \psi + \beta] + \sin [(\omega - \omega_c + \omega_0) t + \psi - \beta + 180^\circ]]. \quad (14)$$

При идентичных схемах обоих каналов коэффициенты передачи умножающих схем и балансных модуляторов равны, т. е.  $k_1 k_3 = k_2 k_4$ . Поэтому составляющие напряжения с частотами  $(\omega - \omega_c + \omega_0)$  в суммирующей схеме взаимно компенсируются (они сдвинуты по фазе на  $180^\circ$ ) и выходное напряжение от верхней половины полосы пропускания равно

$$u_{2в} = A U_{m_1} \sin [(\omega_c + \omega_0 + \omega) t - \psi + \beta], \quad (15)$$

где  $A = \frac{1}{2} k_1 k_3 K_{\Phi}$  — модуль коэффициента передачи всей схемы,

$\beta$  — вносимый ею фазовый сдвиг.

Аналогично в результате преобразования нижней половины полосы пропускания получаем:

$$u_{2н} = A U_{m_1} \sin [(\omega_c - \omega_0 + \omega) t - \psi - \beta]. \quad (16)$$

Из (15) и (16) видно, что амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики устройства в целом полностью определяются характеристикой интегрирующих звеньев. Полагая, что в них применены однозвенные фильтры нижних частот с постоянными времени  $\tau = RC^1$ , и учитывая, что относительно частоты квазирезонанса  $\omega_0$  частота биений для верхней  $\Omega = \omega_c - \omega_0$  и нижней  $\Omega = \omega_0 - \omega_c$  полос пропускания являются абсолютной расстройкой, записываем коэффициенты передачи звеньев в виде

$$K_{\Phi} = \frac{1}{1 + j \frac{y \tau \omega_0}{2}}, \quad (17)$$

где  $y = \frac{2\Omega}{\omega_0}$  — относительная расстройка.

Учитывая (17) и выражая частотную характеристику устройства в относительных единицах, получаем

$$A(f) = \frac{A}{A_{y=0}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{y^2 \tau^2 \omega_0^2}{4}}}. \quad (18)$$

<sup>1</sup> Считаем, что при выборе постоянной времени  $\tau$  учтены не только вопросы помехозащиты, динамики, но и скорости изменения фазы, если возникает заметное запаздывание изменений напряжений на интегрирующих элементах относительно изменения фазы сигнала.

Полоса пропускания при ослаблении в  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  раз равна

$$\Delta F_{(0,7)} = y_{(0,7)} \cdot f_0 = \frac{1}{\pi \tau}. \quad (19)$$

Вносимый всей схемой фазовый сдвиг

$$\beta = \arctg \left( -\frac{y \tau \omega_0}{2} \right). \quad (20)$$

Из выражений (18), (19), (20) видно, что частотно-фазовые характеристики схемы, работающей по методу синхронно-квадратурного приема, аналогичны характеристикам резонансного контура с эквивалентной добротностью

$$Q_s = \frac{1}{y_{(0,7)}} = \frac{\tau \omega_0}{2}. \quad (21)$$

На частоте квазирезонанса ( $y=0$ ), т. е. при  $\omega_c = \omega_0$  вносимый измерительной схемой фазовый сдвиг  $\beta=0$  и выходное напряжение

$$u_2 = A_{y=0} U_{m_1} \sin (\omega t - \psi). \quad (22)$$

Как следует из (22), выходное напряжение, изменяющееся с частотой  $\omega$ , имеет амплитуду, пропорциональную амплитуде измеряемого сигнала, и фазовый угол, равный его фазе.

При расстройках  $\omega_c \neq \omega_0$  частота выходного напряжения равна  $(\omega_c - \omega_0 + \omega)$ . При этом для положительных расстроек ( $\omega_c > \omega_0$ ) с увеличением расстройки вносимый фазовый сдвиг стремится к  $-90^\circ$ , а при отрицательных к  $+90^\circ$ .

Итак, измерительная схема при синхронно-квадратурном приеме с однозвенными  $RC$ -фильтрами эквивалентна по помехоустойчивости резонансному фильтру с добротностью  $Q_s = \frac{\tau \omega_0}{2}$  и позволяет производить измерения сигналов с изменяющейся фазой как по модулю, так и по фазе.

Особое положение занимает схема, в которой одни и те же опорные напряжения используются в умножающих схемах и балансных модуляторах. При этом схема, работающая по методу синхронно-квадратурного приема, превращается в синхронно-фазовый фильтр [3]. Действительно, при  $\omega = \omega_0$  напряжение на выходе схемы равно

$$u_2 = A U_{m_1} \sin (\omega_c t - \psi + \beta). \quad (23)$$

Частота его равна частоте входного сигнала. Таким образом, синхронно-фазовый фильтр полностью аналогичен резонансному фильтру, так как частоты входного и выходного напряжений совпадают. Амплитуда и фаза, равно как и компоненты сигнала, могут быть измерены после синхронно-фазового фильтра компенсационным методом с помощью полярного или комплексного компенсатора. При этом, если сигнал и опорное напряжение фильтра берутся от одного источника, то непостоянство его частоты не вызывает расстройки фильтра, а следовательно, и не вносит погрешностей, которые неизбежны при фильтрации сигнала с помощью резонансных систем.

Аналогичные результаты получаются и при синхронно-квадратурном приеме в схемах с накоплением сигнала. Разница состоит лишь в том, что для подавления помех, лежащих вблизи нечетных гармоник частоты коммутации, на входе устройства необходим преселектор, ко-



торый, впрочем, вводится и в практических вариантах корреляционных схем.

Перейдем теперь к квазисинхронному приему. До сих пор мы полагали, что частота опорного напряжения  $\omega_0$  совпадает с частотой принимаемого сигнала. В этом случае функция взаимной корреляции не равна нулю и, следовательно, появление сигнала дает на выходе умножающих схем постоянную составляющую, которая выделяется интегрирующими звеньями.

Допустим теперь, что умножители и модуляторы управляются одними и теми же напряжениями, как это имеет место в схеме рис. 5, и рассмотрим случай приема сигнала с частотой

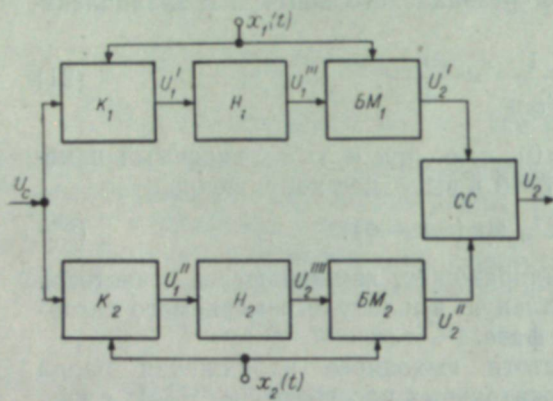


Рис. 5.

т. е. при отсутствии синхронизма. Естественно, что при большой расстройке, т. е. значительной разнице этих частот, интегрирующее звено подавит разностные комбинационные составляющие, и напряжение на выходе будет равным нулю. Однако, если частоты сигнала и опорного напряжения очень близки, то возникающие нулевые биения будут пропущены интегрирующими звеньями, так как последние имеют определенную полосу пропускания. При высокой стабильности частот и столь малом их различии, что нулевые биения всегда остаются в полосе пропускания интегрирующих звеньев, приведенная схема превращается в квазисинхронную и может обеспечить выделение сигнала с почти таким же подавлением помех, как и в случае синхронизма сигнала и опорного напряжения.

Чтобы небольшие изменения частоты биений не вызывали заметных колебаний коэффициента передачи, необходимо при квазисинхронном приеме стремиться к выбору  $\omega_0 \approx \omega_c$  и, кроме того, применять в интегрирующих звеньях узкополосные полосовые фильтры нижних частот, обладающие почти постоянным коэффициентом передачи в некоторой области частот вблизи  $\Omega = 0$ .

Рассмотрим квазисинхронный прием применительно к схеме, работающей по методу накопления. Пусть измеряемый сигнал  $u_c = U_m \sin(\omega_c t - \psi)$  подается на коммутаторы  $K_1$  и  $K_2$ , коэффициенты передачи которых в схеме балансного выпрямления изменяются по закону

$$x(t) = \frac{4G}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)(\omega_0 t + \gamma)}{2n-1}, \quad (24)$$

где  $\gamma$  — начальный угол, равный  $0^\circ$  для функции  $x_1(t)$  управляющей коммутатором  $K_1$ , и  $-90^\circ$  для функции  $x_2(t)$  управляющей коммутатором  $K_2$ . Напряжения, поступающие на вход накопителей, определяются произведением сигнала на коэффициенты передачи коммутаторов, т. е.

$$u_1' = U_m \sin(\omega_c t - \psi) \cdot \frac{4G}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)(\omega_0 t + \gamma)}{2n-1}.$$

Спектры этих напряжений для нижней половины полосы пропускания ( $\omega_c < \omega_0$ ) можно записать в следующем виде:

$$u_1' = \frac{2G}{\pi} U_m \sum_{n=1}^{\infty} \times \frac{\cos \{[(2n-1)\omega_0 - \omega_c]t + (2n-1)\gamma + \psi\} - \cos \{[(2n-1)\omega_0 + \omega_c]t + (2n-1)\gamma - \psi\}}{2n-1}. \quad (25)$$

После накопителей, выделяющих лишь область нулевых биений, на вход балансных модуляторов при  $\omega_c \rightarrow \omega_0$  поступают следующие напряжения:

$$u_{1n}'' = K_\Phi \frac{2G}{\pi} U_m \cos [(\omega_0 - \omega_c)t - \psi + \beta], \quad (26)$$

$$u_{1n}''' = K_\Phi \frac{2G}{\pi} U_m \cos [(\omega_0 - \omega_c)t - \psi + \beta + 90^\circ],$$

где  $K_\Phi$  и  $\beta$  те же величины, что и в выражении (11). Напряжения на выходе балансных модуляторов, коэффициенты передачи которых изменяются по закону (24) с учетом, что для  $BM_1$   $\gamma = 0$ , а для  $BM_2$   $\gamma = 90^\circ$ , равны

$$u_{2n}' = A_1 U_m \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \{[(2n-1)\omega_0 - (\omega_0 - \omega_c)]t + \psi - \beta\} + \sin \{[(2n-1)\omega_0 + (\omega_0 - \omega_c)]t - \psi + \beta\}}{2n-1} \times \frac{+ (\omega_0 - \omega_c)t - \psi + \beta\}}{2n-1}, \quad (27)$$

$$u_{2n}'' = A_1 U_m \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \{[(2n-1)\omega_0 - (\omega_0 - \omega_c)]t + (2n-1)90^\circ + \psi - \beta - 90^\circ\} + \sin \{[(2n-1)\omega_0 + (\omega_0 - \omega_c)]t + (2n-1)90^\circ - \psi + \beta + 90^\circ\}}{2n-1} \times \frac{+ (\omega_0 - \omega_c)t + (2n-1)90^\circ - \psi + \beta + 90^\circ\}}{2n-1},$$

где  $A_1 = \frac{1}{\pi} K_\Phi G^2$ .

Преобразуя полученные выражения и производя суммирование, находим напряжение  $u_2$  на выходе схемы

$$u_2 = u_{2n}' + u_{2n}'' = A_1 U_m \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} (\sin \{[2\omega_0(n-1) + \omega_c]t + \psi - \beta\} + \sin \{[(2n\omega_0 - \omega_c)t - \psi + \beta\}] + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} \{ \sin \{[2\omega_0(n-1) + \omega_c]t + \psi - \beta\} - \sin \{[(2n\omega_0 - \omega_c)t - \psi + \beta\}] =$$

$$= A_1 U_m \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{1 + (-1)^{n-1}}{2n-1} \sin \{[2\omega_0(n-1) + \omega_c]t + \psi - \beta\} + \frac{1 - (-1)^{n-1}}{2n-1} \sin \{[(2n\omega_0 - \omega_c)t - \psi + \beta\}] \right). \quad (28)$$

Полученное выражение показывает, что при  $\omega_c \rightarrow \omega_0$  помимо сигнала с частотой  $\omega_c$  в спектре выходного напряжения содержатся напряжения,



близкие к нечетным гармоникам сигнала, а именно  $(4\omega_0 - \omega_c)$ ,  $(4\omega_0 + \omega_c)$ ,  $(8\omega_0 - \omega_c)$ ,  $(8\omega_0 + \omega_c)$  и т. д. Если присутствие этих составляющих нежелательно, то их можно отфильтровать с помощью фильтра нижних частот, включаемого на выходе суммирующей схемы. Напряжение на выходе фильтра нижних частот при этом будет равно

$$u_2 = A_1 U_m \sin(\omega_c t + \psi - \beta).$$

Амплитуда его пропорциональна амплитуде измеряемого сигнала.

Как и в методе синхронно-квадратурного приема, избирательность при квазисинхронном методе полностью определяется частотными характеристиками накопителей и может быть сделана при соответствующем выборе их постоянной времени очень высокой.

Анализируя работу схемы, из (25) легко установить, что при прямоугольной форме изменения коэффициентов передачи коммутаторов помимо полосы частот, лежащих в области частоты квазирезонанса ( $\omega_c \approx \omega_0$ ), нулевые биения дают входные напряжения с частотами, близкими к нечетным гармоникам частоты коммутации, а значит и сигнала. Действительно, при  $\omega_c \rightarrow \omega$  третья  $3\omega_c$ , пятая  $5\omega_c$  и т. д. гармоники дают на выходе коммутаторов биения с частотами  $(3\omega_0 - 3\omega_c)$ ,  $(5\omega_0 - 5\omega_c)$  и т. д., которые пропускаются накопителями и, таким образом, проходят через всю схему. Чтобы обеспечить подавление этих помех, необходимо включить на входе устройства контур, настроенный на частоту коммутации. Вследствие значительного разброса по частоте сигнала и ближайшей к нему помехи  $\approx 3$ -й гармоники схема преселектора может иметь невысокую добротность. Если, например, задаться степенью подавления помех вблизи 3-й гармоники, то из выражения частотной характеристики контура

$$A(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + y^2 Q^2}}$$

легко найти добротность.

$$Q > \sqrt{\frac{1 - A^2(f)}{y^2 A^2(f)}}$$

где

$$y = \frac{\omega_c}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega_c}.$$

Принимая достаточным подавления 3-й гармоники ( $y = 2,7$ ) примерно на 40 дБ, находим, что контур должен обеспечить ослабление  $A(f) = \frac{1}{30}$ , так как ослабление в  $1/3$  дает сам коммутатор. Добротность такого контура  $Q \approx 12^1$ .

Чтобы квазисинхронный приемник принял структуру, рекомендуемую в [1], целесообразно включить резонансный контур РК или заменяющую его избирательную цепь на входе всей измерительной схемы и ввести предварительный усилитель У, с помощью которого уровень сигнала поднимается до требуемой величины и лишь после этого подается на вход коммутаторов. Если применить в качестве коммутаторов балансные модуляторы, являющиеся по существу двухполупериодными

<sup>1</sup> Заметим, что вместо резонансного контура на входе приемника можно применить фильтр нижних частот.

управляемыми выпрямителями, и включить на выходе суммирующей схемы фильтр нижних частот ФНЧ, то блок-схема квазисинхронного приемника принимает вид, представленный на рис. 6.

Практически по этой же схеме следует выполнять и синхронно-квадратурные приемники. При этом разница между синхронно-квадратурным и квазисинхронным приемниками будет лишь в том, что в первом есть, а во втором нет синхронизма между сигналом и опорным напряжением.

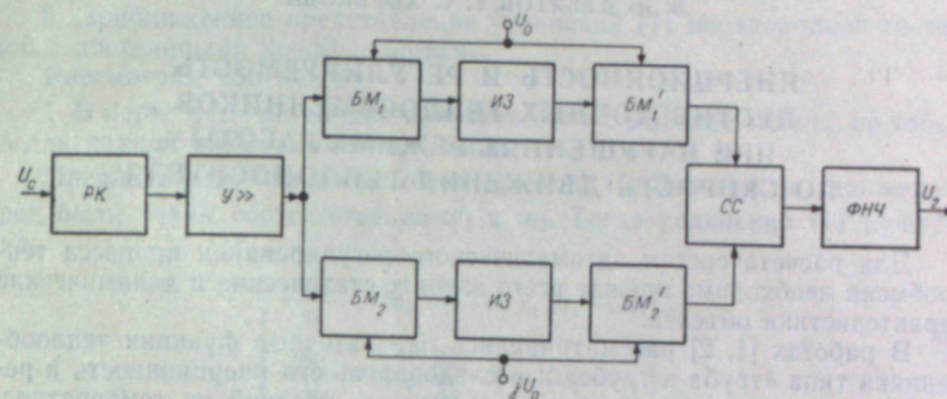


Рис. 6.

Обеспечивая высокую помехозащиту и возможность измерения амплитуды гармонического сигнала с изменяющейся фазой, а при квадратурно-синхронном приеме — и его фазы, схема рис. 6 легко перестраивается на другие частоты сигнала путем изменения частоты опорного напряжения и перестройки входного резонансного контура и вместе с тем обеспечивает простое изменение полосы пропускания путем переключения постоянной времени интегрирующих звеньев.

Можно не сомневаться, что эта и подобные ей схемы найдут успешное применение не только в электроразведке, но и в других областях электротехники.

Институт автоматики и электрометрии  
Сибирского отделения АН СССР  
Новосибирск

Поступила в редакцию  
25/1 1961

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Я. Мизюк, Анализ методов помехозащиты при измерении слабых гармонических сигналов. Изв. СО АН СССР, № 7, 1961.
2. В. И. Гольдгелтер, Л. Я. Мизюк, Устройство для среднеквадратичного сложения, основанное на двухфазном преобразовании частот, и некоторые области его применения. Тр. конф. по автоматическому контролю и электрическим измерениям, Новосибирск, 1961.
3. Л. Я. Мизюк, В. И. Гольдгелтер, Узкополосные синхроннофазовые фильтры. Электросвязь, 1961 (в печати).



Б. Н. ДЕВЯТОВ, Г. С. ХОРЬКОВА

ИНЕРЦИОННОСТЬ И РЕГУЛИРУЕМОСТЬ  
ПРОТИВОТОЧНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ  
ПРИ НАРУШЕНИЯХ РЕЖИМА РАБОТЫ  
ПО СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Для расчета систем автоматического регулирования процесса теплообмена необходимо прежде всего изучить статические и динамические характеристики объекта.

В работах [1, 2] рассматривались передаточные функции теплообменника типа «труба в трубе» и исследовались его инерционность и регулируемость при возмущении стационарных условий по температуре. При этом предполагалось, что скорости движения теплоносителей постоянны.

В действительности скорость является случайной функцией времени, что приводит к нарушению стационарного режима работы аппарата. Кроме того, по условиям производства и в целях получения лучшего качества регулирования удобнее всего регулировать процесс теплообмена воздействием на скорость движения одной из сред по аппарату.

Все это приводит к необходимости исследовать динамические свойства объекта при изменении скорости.

В качестве критериев, характеризующих в данном случае динамические свойства объекта, принимаются его инерционность и регулируемость [1].

Основные уравнения и передаточные функции теплообменника при возмущении по скорости движения сред

Основой расчетов и исследований динамических свойств объекта служат передаточные функции, получаемые из соответствующей системы уравнений.

Система уравнений, описывающая нестационарные процессы в противоточном теплообменнике без учета влияния теплоемкости стенки, имеет вид [3]:

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1}{\partial t} + w_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = \kappa_1 (u_2 - u_1), \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} - w_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = \kappa_2 (u_1 - u_2), \end{cases} \quad (1)$$

где  $u_1$  и  $u_2$  — значения температур движущихся сред в теплообменнике,  $w_1$ ,  $w_2$  — линейные скорости соответственно первой и второй среды,

$\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  — коэффициенты, характеризующие теплообмен между движущимися средами.

Так как скорость является произвольной функцией времени, уравнения имеют переменные коэффициенты и решение их в общем случае затруднительно и громоздко.

При этом возможны два метода подхода к решению задачи нахождения передаточных функций объекта:

1. Нахождение решения для случая скачкообразного ступенчатого возмущения скорости.

2. Приближенное представление уравнений (1) неоднородной системой с постоянными коэффициентами.

Рассмотрим оба метода.

1. В первом случае можно получить точное решение задачи, но только для данной возмущающей функции.

Предполагаем, что до момента времени  $t=0$  скорости движения сред были равны соответственно  $\bar{w}_1$  и  $\bar{w}_2$ . Тогда уравнения (1) примут вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1}{\partial t} + \bar{w}_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = \kappa_1 (u_2 - u_1), \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} + \bar{w}_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = \kappa_2 (u_1 - u_2). \end{cases} \quad (2)$$

Решение уравнений (2), соответствующих стационарному режиму, т. е. при  $\frac{\partial u_1}{\partial t} = 0$  и  $\frac{\partial u_2}{\partial t} = 0$ , приводит к следующим начальным условиям:

$$\begin{aligned} u_1(x, 0) &= \frac{-\frac{\kappa_2}{w_2} e^{m_1 l}}{\frac{\kappa_1}{w_1} - \frac{\kappa_2}{w_2} e^{m_1 l}} + \frac{\frac{\kappa_1}{w_1} e^{m_1 x}}{\frac{\kappa_1}{w_1} - \frac{\kappa_2}{w_2} e^{m_1 l}}, \\ u_2(x, 0) &= \frac{-\frac{\kappa_2}{w_2} e^{m_1 l}}{\frac{\kappa_1}{w_1} - \frac{\kappa_2}{w_2} e^{m_1 l}} + \frac{\frac{\kappa_2}{w_2} e^{m_1 x}}{\frac{\kappa_1}{w_1} - \frac{\kappa_2}{w_2} e^{m_1 l}}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{где } m_1 = \frac{\kappa_2}{w_2} - \frac{\kappa_1}{w_1}.$$

$l$  — длина аппарата.

В соответствии с принятыми условиями в момент времени  $t=0$  скорости  $w_1$  и  $w_2$  скачком изменяются и становятся равными соответственно  $\bar{w}_1$  и  $\bar{w}_2$ . При этом уравнения (2) принимают вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1}{\partial t} + w_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = \kappa_1 (u_2 - u_1), \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} - w_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = \kappa_2 (u_1 - u_2). \end{cases} \quad (4)$$

Решение задачи в этом случае сводится к отысканию решения системы (4) с учетом начальных условий (3).

Применяя операторный метод в решении системы, получим изображение решения по Лапласу — Карсону. Интересуясь лишь одной из не-



известных ( $u_1$ ), характеризующей изменение температуры первой среды, и обозначив ее изображение  $K_{11}$ , находим<sup>1</sup>:

$$K_{11} = (B - b) e^{m_1 t} - (B - b) \frac{\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 - a_{11}} e^{\lambda_2 l}}{1 - \frac{\lambda_2 - a_{11}}{\lambda_1 - a_{11}} e^{(\lambda_2 - \lambda_1) l}} - (D - d) \frac{e^{m_1 t} a_{12} [1 - e^{(\lambda_2 - \lambda_1) l}]}{1 - \frac{\lambda_2 - a_{11}}{\lambda_1 - a_{11}} e^{(\lambda_2 - \lambda_1) l}}, \quad (5)$$

где

$$B = \frac{bp(p + \alpha_2 - m_1 \bar{w}_2) + \alpha_1 pd}{(m_1 w_1 + \alpha_1 + p)(p + \alpha_2 - m_1 \bar{w}_2) - \alpha_1 \alpha_2};$$

$$b = \frac{\frac{\alpha_1}{w_1}}{\frac{\alpha_1}{w_1} - \frac{\alpha_2}{w_2} e^{m_1 l}}; \quad d = \frac{\frac{\alpha_2}{w_2}}{\frac{\alpha_1}{w_1} - \frac{\alpha_2}{w_2} e^{m_1 l}};$$

$$D = \frac{pd(m_1 w_1 + \alpha_1 + p) + pb \alpha_2}{(m_1 w_1 + \alpha_1 + p)(p + \alpha_2 - m_1 \bar{w}_2) - \alpha_1 \alpha_2};$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{2} [a_{11} + a_{22} \pm \sqrt{(a_{11} - a_{22})^2 + 4a_{12}a_{21} - 4a_{11} \cdot a_{22}}];$$

$$a_{11} = -\frac{\alpha_1 + p}{w_1}; \quad a_{21} = -\frac{\alpha_2}{w_2};$$

$$a_{12} = \frac{\alpha_1}{w_1}; \quad a_{22} = \frac{\alpha_2 + p}{w_2}.$$

Полученная передаточная функция  $K_{11}$  имеет громоздкое выражение и нелинейно зависит от изменения скорости  $\Delta w = w_1 - \bar{w}_1$ , поэтому ее применение для практических расчетов при решении задач регулирования затруднительно.

Полученное выражение  $K_{11}$  может быть линеаризовано по  $\Delta w$ . С другой стороны, для получения более простой и линейной передаточной функции можно решить задачу вторым методом, рассмотренным ниже.

2. При возмущении стационарных условий по скорости уравнения (1) принимают вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial (u_{10} + \Delta u_1)}{\partial t} + (w_1 + \Delta w_1) \frac{\partial (u_{10} + \Delta u_1)}{\partial x} = \alpha_1 [(u_{20} + \Delta u_2) - (u_{10} + \Delta u_1)], \\ \frac{\partial (u_{20} + \Delta u_2)}{\partial t} - (w_2 + \Delta w_2) \frac{\partial (u_{20} + \Delta u_2)}{\partial x} = \alpha_2 [(u_{10} + \Delta u_1) - (u_{20} + \Delta u_2)], \end{cases} \quad (6)$$

<sup>1</sup> Для простоты решения предполагаем, что изменяется скорость только первой среды  $w_1$ .

где  $u_{10}$  и  $u_{20}$  — установившиеся значения температур первой и второй среды в момент времени  $t=0$ , не зависящие от времени.

Уравнения, соответствующие стационарному режиму, имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial u_{10}}{\partial t} + w_1 \frac{\partial u_{10}}{\partial x} = \alpha_1 (u_{20} - u_{10}), \\ \frac{\partial u_{20}}{\partial t} - w_2 \frac{\partial u_{20}}{\partial x} = \alpha_2 (u_{10} - u_{20}), \end{cases} \quad (7)$$

где  $\frac{\partial u_{10}}{\partial t} = 0$  и  $\frac{\partial u_{20}}{\partial t} = 0$ .

Вычитая из левых и правых частей уравнений (6) соответственно левые и правые части уравнений (7), получим систему уравнений в отклонениях:

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1}{\partial t} + w_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + \Delta w_1(t) \frac{\partial u_{10}}{\partial x} + \Delta w_1(t) \frac{\partial u_1}{\partial x} = \alpha_1 (u_2 - u_1), \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} - w_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} - \Delta w_2(t) \frac{\partial u_{20}}{\partial x} - \Delta w_2(t) \frac{\partial u_2}{\partial x} = \alpha_2 (u_1 - u_2). \end{cases}$$

Считая, что  $\Delta w(t)$  малы, пренебрегаем членами  $\Delta w_1(t) \frac{\partial u_1}{\partial x}$  и  $\Delta w_2(t) \frac{\partial u_2}{\partial x}$

и получаем уравнения с постоянными коэффициентами:

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1}{\partial t} + w_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = \alpha_1 (u_2 - u_1) - \Delta w_1(t) \frac{\partial u_{10}}{\partial x}, \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} - w_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = \alpha_2 (u_1 - u_2) + \Delta w_2(t) \frac{\partial u_{20}}{\partial x}. \end{cases} \quad (8)$$

Полученная таким образом система уравнений будет справедлива только для случая малых возмущений. Можно найти ее решение, применяя операторный метод, при следующих начальных и граничных условиях:

$$u_1(x_1, 0) = 0, \quad u_2(x_1, 0) = 0$$

$$u_1(0, t) = \varphi_1(t), \quad u_2(l, t) = \varphi_2(t).$$

В результате получаем передаточную функцию вида [2]:

$$K_{11} = \bar{K}_{11} C \frac{1}{\alpha_1} \frac{1 - e^{-(\alpha_1 - \alpha_2 + \lambda_1)l}}{\alpha_1 - \alpha_2 + \lambda_1} \frac{1}{p\tau_1 + \alpha_1 + \lambda_1} \frac{1 - e^{-(\alpha_1 - \alpha_2 + \lambda_2)l}}{\alpha_1 - \alpha_2 + \lambda_2} \frac{1}{p\tau_1 + \alpha_1 + \lambda_2}, \quad (9)$$

где  $K_{11}$  — передаточная функция при нарушении режима работы по температуре первой среды;

$\alpha_1, \alpha_2$  — групповые параметры теплообменного аппарата;

$$\bar{K}_{11} = \frac{(\lambda_1 - \lambda_2) e^{\lambda_1 l}}{(\lambda_1 + p\tau_1 + \alpha_1) e^{\lambda_1 l} - (\lambda_2 + p\tau_1 + \alpha_1) e^{\lambda_2 l}};$$

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1 l}{w_1}; \quad \alpha_2 = \frac{\alpha_2 l}{w_2};$$

$C$  — разность значений температур первой и второй среды на выходе аппарата в установившемся режиме.

Полученная передаточная функция теплообменника удобна как для исследования динамических свойств объекта, так и для практических



расчетов при решении задач регулирования. При этом можно применять методы линейной теории автоматического регулирования.

Исследование передаточных функций (5) и (9) показывает, что при нарушении стационарного режима работы по скорости переходный процесс на выходе аппарата начинается мгновенно, т. е. чистое запаздывание в этом случае отсутствует, что соответствует физическому смыслу задачи. Следовательно, при регулировании процесса теплообмена воздействием на скорость движения одной из сред можно добиться лучшего качества, чем при регулировании с помощью импульсов по температуре.

#### Определение инерционности и регулируемости объекта при возмущении по скорости движения теплоносителя

Для решения задачи регулирования выходной температуры теплообменника необходимо исследовать его динамические свойства. Реакция объекта на возмущение может характеризоваться, в частности, его инерционностью. Под инерционностью объекта понимается величина, численно равная площади, заключенной между кривой переходного процесса и прямой, соответствующей новому установившемуся режиму [1], т. е.

$$I = \frac{1}{m} \int_0^{\infty} [m - u_1(t)] dt,$$

где  $m$  — значение температуры в новом установившемся режиме.

Выражая инерционность через передаточную функцию, имеем [1]:

$$I = - \lim_{p \rightarrow 0} [\ln K_{11}]'. \quad (10)$$

В безразмерных единицах инерционность может быть представлена в виде:

$$S = \frac{I}{\tau_1 + \tau_2}.$$

Поскольку переходный процесс в этом случае не имеет запаздывания, то инерционность может служить и мерой регулируемости объекта.

Найдем инерционность по формуле (10), используя линейную передаточную функцию (9):

$$S = S_1 + \alpha_1 \alpha_2 \frac{2(\alpha_1 - \alpha_2) - \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)^2}{2} - 3 + e^{\alpha_2 - \alpha_1} (3 + \alpha_1 - \alpha_2)}{(\alpha_1 - \alpha_2)^2 [\alpha_1 (\alpha_1 - \alpha_2) - \alpha_2 (1 - e^{\alpha_2 - \alpha_1})]} + \\ + \tau_1' \frac{\frac{\alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_2} - \frac{\alpha_1 (\alpha_1 - \alpha_2)}{2} - e^{\alpha_2 - \alpha_1} \left[ \frac{\alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_2} + \alpha_2 \right]}{\alpha_1 (\alpha_1 - \alpha_2) - \alpha_2 (1 - e^{\alpha_2 - \alpha_1})}, \quad (11)$$

где

$$\tau_1' = \frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2},$$

а  $S_1$  — инерционность при возмущении по температуре первой среды

$$S_1 = \alpha_1 \alpha_2 \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)(1 - e^{\alpha_2 - \alpha_1}) - 2(1 - e^{\alpha_2 - \alpha_1})}{(\alpha_1 - \alpha_2)^2 (\alpha_1 - \alpha_2 e^{\alpha_2 - \alpha_1})} + \tau_1'.$$

Полученная формула выражает зависимость инерционности переходного процесса в теплообменнике от его параметров  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $\tau_1$ .

На параметры  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  могут накладываться какие-либо условия, например требование определенной полноты процесса.<sup>1</sup> При этом параметр  $\alpha_1$  можно будет выразить через  $\alpha_2$  или, наоборот,  $\alpha_2$  через  $\alpha_1$ , и инерционность  $S$  будет являться функцией одного из этих двух параметров.

На рис. 1 представлены кривые, характеризующие изменение инерционности  $S = S(\alpha_2)$  при условии  $\alpha_1 = \text{const}$  для случая  $\tau_1' = 0,5$  (т. е. при  $\tau_1 = \tau_2$ ).

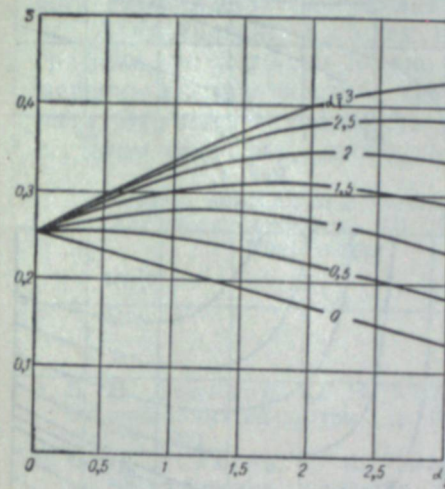


Рис. 1.

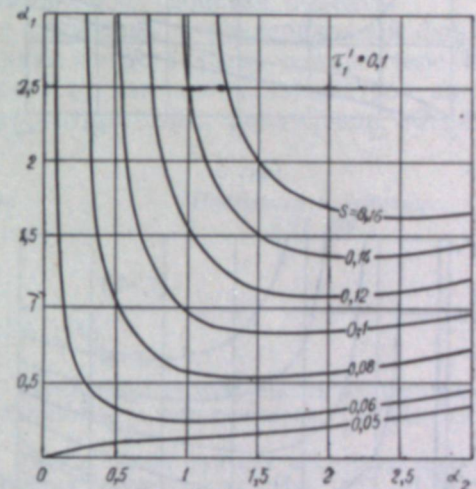


Рис. 2.

Более наглядными и удобными являются графики кривых равных инерционностей (рис. 2), дающие возможность выбора значений параметров объектов с целью получения оптимального режима регулирования.

Однако значения параметров, соответствующие оптимальному режиму регулирования, не всегда обеспечивают оптимальный режим работы аппарата в других отношениях (например, по производительности, полноте процесса и т. д.). Поэтому наряду с требованием хорошей регулируемости при выборе параметров аппарата должны учитываться требования определенной полноты процесса и другие условия.

На рис. 2—6 приведены кривые изменения инерционности при различных значениях третьего параметра  $\tau_1$ . Эта система графиков дает наглядное представление о характере зависимости инерционности от  $\tau_1$  при различных  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ .

Наконец, по рис. 7, 8 можно определить значения инерционности при любых значениях параметров  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $\tau_1$ . Получим это следующим образом. Выражение инерционности (11) можно представить в виде:

$$S = A + B \tau_1',$$

где в  $A$  объединены члены, не содержащие  $\tau_1$ , а в  $B$  — члены, имеющие  $\tau_1$  множителем. На рис. 7 представлены кривые равных значений  $A$ , на рис. 8 — кривые равных значений  $B$ . Для определения инерционности

<sup>1</sup> Под полнотой процесса понимается величина  $P = \frac{u_{вх} - u_{вых}}{u_{вх}} = 1 - m$ .



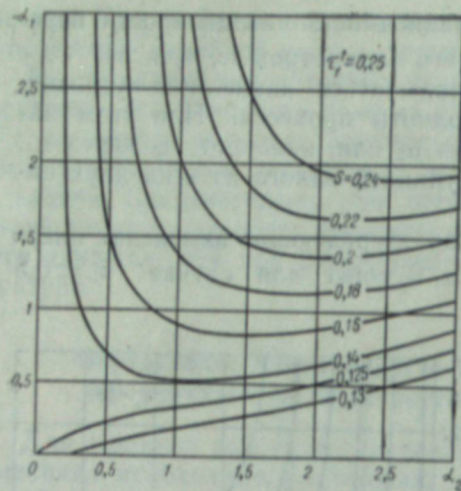


Рис. 3.

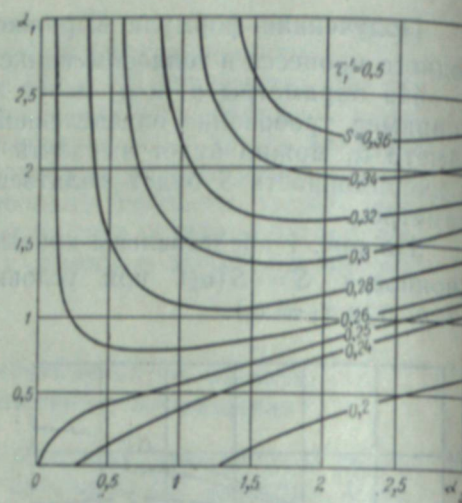


Рис. 4.

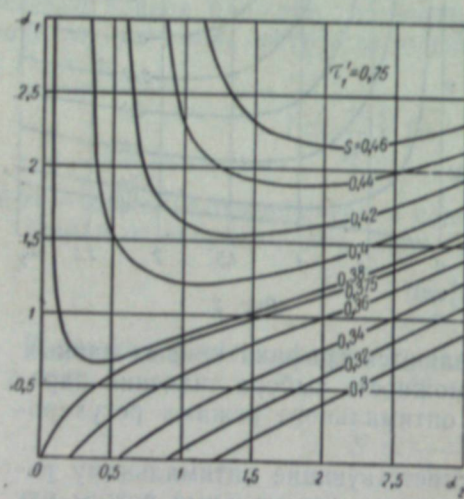


Рис. 5.

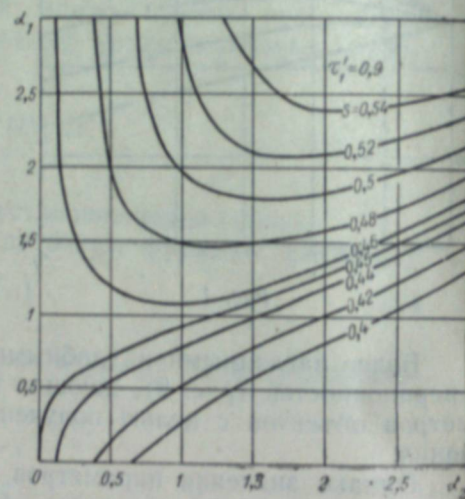


Рис. 6.

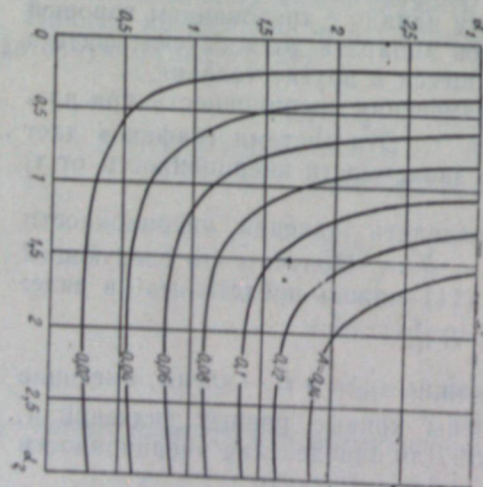


Рис. 7.

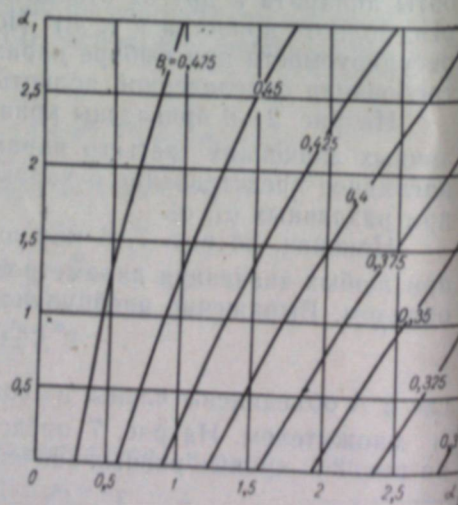


Рис. 8.

по рис. 7 и 8 находим соответственно значения  $A$  и  $B$ . Предварительно помножив  $B$  на  $\tau_1$ , складываем найденные значения и получаем инерционность при заданных значениях  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $\tau_1$ .

Таким образом, полученные кривые дают представление о характере изменения инерционности объекта, что необходимо для решения задачи регулирования теплообменника.

### Выводы

1. Аналитическим путем получена формула инерционности, дающая возможность исследовать динамические свойства объекта.

2. Рассчитаны в общем виде и построены в критериальной форме графики, по которым можно получить представление о характере изменения инерционности в зависимости от изменения параметров аппарата. Это дает возможность выбора оптимальных параметров объекта с учетом задач регулирования.

Институт автоматики и электрометрии  
Сибирского отделения АН СССР,  
Новосибирск

Поступила в редакцию  
7/II 1961.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Н. Девятков, Ю. Н. Корнев, Определение регулируемости противоточных теплообменных аппаратов. Тр. Ин-та автоматики и электрометрии СО АН СССР, вып. 2, 1960.
2. Б. Н. Девятков, С. В. Лапшин, Передаточные функции и структурные схемы теплообменных аппаратов как объектов регулирования. Изв. СО АН СССР, № 8, 1960.
3. Б. Н. Девятков, Переходные режимы работы непрерывнодействующих теплообменников. ДАН СССР, т. 90, № 5, стр. 771—774, 1953.



М. Н. ЛАРИОНОВ

### ПРИМЕНЕНИЕ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЕЙ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ НАГРЕВЕ

С развитием новых методов переработки топлив (энерготехнология, непрерывное коксование, газификация в кипящем слое) возрастает значение экспериментальных исследований процессов термического разложения в условиях высокоскоростного нагрева.

Особый интерес для изучения представляет начальный период термического разложения. Известно, что разложение топлива, нагреваемого со скоростью порядка  $10^3$  градусов в минуту и более, развивается в виде ряда последовательных, качественно различных, частично налагающихся одна на другую стадий: сушки, бертинирования, основного термического разложения. Образование основной части летучих происходит в начальном периоде процесса, продолжительность которого ограничивается секундами.

Обычно применяемые методы исследования процессов термического разложения позволяют получить с удовлетворительной точностью данные, касающиеся лишь более продолжительного, конечного этапа термического разложения, наступающего уже после того, как завершилось испарение гигроскопической влаги и удалилась большая часть летучих. Непосредственно измеряемым параметром является суммарная потеря веса или суммарный объем газа за время от начала нагрева до момента отсчета [1, 2]. Такой показатель, интегральный по своей сущности, не обеспечивает достаточной чувствительности опыта в тех случаях, когда необходимо фиксировать кратковременные резкие изменения в ходе выделения летучих продуктов. Для выявления тонких и кратковременных подробностей процесса нужен показатель, имеющий дифференциальный характер.

В настоящем исследовании измерялось не количество образовавшихся летучих продуктов, а скорость их образования, т. е. первая производная от выхода по времени.

Термическое разложение осуществлялось путем смешения небольших порций угля с мелким горячим коксом во вращающемся цилиндрическом реакторе, нагреваемом электропечью с автоматически регулируемой температурой. Совокупная масса реактора и теплоносителя превосходила массу порции угля более чем в 1000 раз, что вместе с непрерывным перемещиванием обеспечивало устойчивость температуры в момент смешения. Вес самого теплоносителя превышал вес угля в 50 раз.

Для исследования была взята пыль бурых и длиннопламенных углей с размером зерен 0,1—1 мм и для некоторых опытов угольная крупка размером 2—5 мм.

Условия опыта обеспечивали нагрев пыли практически без гра-

диента температуры по сечению зерна. Расчет по формулам Цухановой и Саламандра [3, 4] показывает, что в нашем случае пылевидный уголь достигает 0,98 температуры реактора в среднем за 1,7 сек при общей продолжительности интенсивного газовыделения примерно 12 сек, так что большая часть процесса протекает в изотермических условиях.

Скорость выделения летучих определялась путем осциллографической записи скорости газового потока, выходящего из реактора. Для этой цели служила диафрагма, установленная после системы конденсации жидких продуктов. С диафрагмы перепад давлений подавался на мембранный датчик. Последний представляет собой массивную стальную коробку, разделенную на две равных полости тонкой стальной мембраной, на которую наклеен проволочный тензометр. Три тензометра, образующие остальные плечи мостовой схемы, наклеивались на стенки коробки датчика.

При возникновении разности давлений между полостями мембрана прогибается, чем нарушается равновесие моста. Ток разбаланса регистрируется осциллографом на фотобумаге. Вследствие большой частоты собственных колебаний мембраны и шлейфа гальванометра инерция регистрирующего устройства не сказывается на виде записи.

Второй шлейф записывает колебания, тока промышленной частоты, что обеспечивает отсчет времени с точностью до 0,02 сек. Для расширения диапазона устойчивых режимов работы измерительного устройства была применена двойная диафрагма [5].

При каждом опыте в реактор загружалось 5 г угля. Максимальная скорость газа в отверстии диафрагмы не превышала 150 м/сек, а в продолжении большей части опыта была значительно ниже.

Объем реактора и системы конденсации превышал секундный выход газа приблизительно в 10 раз, так что к моменту прохода через диафрагму газ успевал существенно усредниться по составу. Это снижало величину систематической ошибки от неучета мгновенного удельного веса газа.

Таблица 1

Номер записи	Длительность пика, сек	Ордината вершины пика $y$ , мм	Условная скорость газа $\sqrt{y}$
1	1,10	54,0	7,3
2	1,11	65,6	8,1
3	1,24	60,3	7,8
4	1,12	57,5	7,6
5	1,24	55,0	7,5

Осциллограммы скорости газовыделения имеют три максимума. Первый из них обусловлен конструкцией загрузочного устройства. Он отвечает толчку воздуха, возникающему во время введения лотка с углем в рабочее пространство реактора. При расшифровке осциллограмм вершина загрузочного пика принимается за условный «нуль времени». После этого требуется 3,9—4 сек на поворот системы в такое положение, при котором уголь высыпается в теплоноситель и перемешивается с ним. В течение этого «мертвого» периода запись идет горизонтально и признаков выделения газа не замечается. Затем следуют два пика. Начало первого из них приходится на отметку 4—4,5 сек. После второго пика скорость газа заметно уменьшается, и, начиная с 20—30 сек, запись представлена плавной линией без экстремумов, асимптотически приближающейся к линии нулевых перепадов давления. Иногда, при



более высоких температурах, записывается еще один слабо выраженный пик. Кривые, записанные в идентичных условиях, вполне удовлетворительно совпадают как по высоте, так и по форме.

В связи со сложной формой осциллограмм термического разложения воспроизводимость опытов может быть оценена по результатам обмеров записей относительно более простых явлений. Так, в табл. 1 приводятся результаты измерений ряда загрузочных пиков.

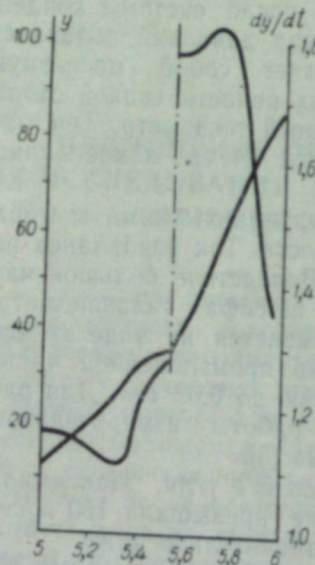


Рис. 1. Головной участок осциллограммы и разрыв непрерывности на первой производной от скорости по времени.

Результаты графической обработки трех параллельных записей испарения воды из увлажненного кокса теплоносителя показывают, что этот процесс проходит в одну стадию. Парообразование совмещается здесь с реакцией газификации кокса. Расхождение по времени не превышает 0,3 сек.

Интересно отметить, что при графическом дифференцировании кривой скорости выделения газа из угля обнаруживается разрыв непрерывности на первой производной в точке, по времени отвечающей моменту конца испарения влаги из кокса теплоносителя (рис. 1). Столь позднее окончание удаления гигроскопической воды объясняется, по-видимому, тем, что этот процесс задерживается за счет времени, необходимого для диффузии пара из микропор. Аналогичное явление, только выраженное значительно более слабо, наблюдается даже при относительно медленном нагреве [6, 7].

Соответствие процессов, протекающих в течение первого из максимумов, высокоскоростному бертинированию, а процессов второго максимума — основному термическому разложению подтверждается различиями в составе газа термического разложения. В первом случае он содержит преимущественно углекислоту и окись углерода, а во втором обогащен углеводородами.

Осциллографическая методика дает возможность путем прямого эксперимента определить продолжительность отдельных стадий процесса термического разложения при высокоскоростном нагреве. Результаты обмера целого ряда осциллограмм показывают, что с ростом температуры процесса с 350 до 600° общая продолжительность интенсивного выделения летучих увеличивается на 20% (с 5,3 до 6,9 сек). Вместе с тем суммарная скорость реакций образования летучих растет относительно слабо. Так, для одного из исследованных бурых углей имеют место следующие соотношения:

Температура процесса	450°	500°	600°
Выход газа, мл/кг	172,5	225	295
Средняя скорость газовыделения, мл/кг · сек	31,0	39,8	42,7

Несмотря на грубо усредненный характер приведенных значений скорости газовыделения, очевидно, что столь медленный рост ее не

отвечает температурным зависимостям, характерным для уравнений мономолекулярной реакции.

Изотермический режим, имеющий место в реакторе, позволяет рассмотреть применимость уравнения мономолекулярной реакции к описанию процессов термического разложения угля и в ином аспекте. Обычно реакции термического крекинга, а по аналогии и реакции термического разложения твердого топлива описываются уравнениями вида

$$y = a(1 - e^{-kt}).$$

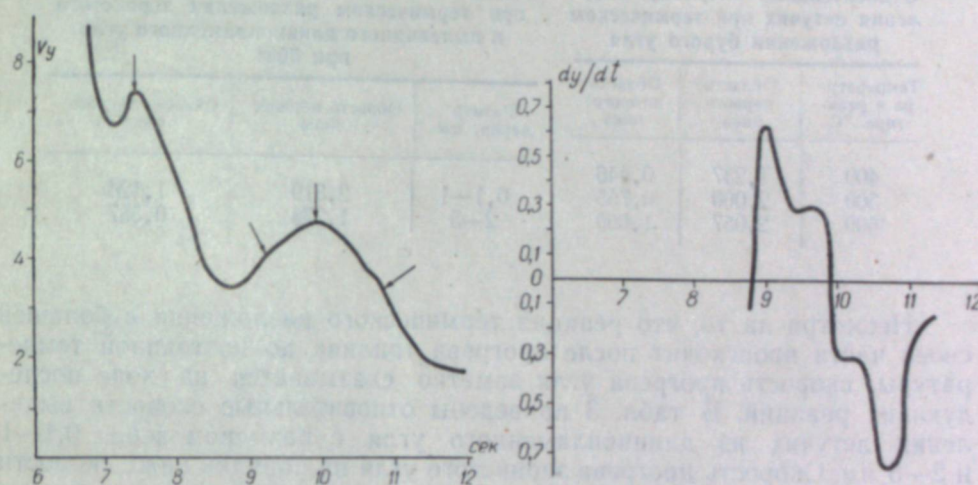


Рис. 2. Особые точки на исходящей ветви кривой скорости выделения летучих.

Экспериментальные кривые зависимости от времени выхода и скорости образования продуктов термического разложения не могут иметь в таком случае максимумов и, соответственно, перегибов. В нашем же случае кривые скорости газовыделения обладают четко оформленным максимумом, в соответствии с чем кривые выхода имеют S-образную форму. Очевидно, что уравнения мономолекулярных реакций неприменимы для описания процессов термического разложения угля. К аналогичному выводу приходит в последнее время ряд исследователей [1, 8, 9].

Анализ осциллограмм газовыделения показывает, что, кроме двух основных пиков, может быть выделен ряд дополнительных экстремумов. Весьма характерны в этом отношении записи, производимые при больших увеличениях. Так, на осциллограммах термического разложения бурого угля только на протяжении 4 сек (с 7-й по 11-ю) может быть отмечено не менее 4 особых точек (рис. 2).

Эти результаты экспериментально подтверждают высказанное З. Ф. Чухановым предположение о наличии целого ряда реакций термического разложения, протекающих одновременно, но с разными скоростями.

Осциллографический метод дает возможность оценить относительные значения скоростей реакций выделения летучих на отдельных этапах процесса. При построении графиков выхода летучих по «горячему объему» за характеристику средней скорости газовыделения принимался тангенс угла наклона касательной к кривой выхода в точке переги-



ба. Как показывают данные табл. 2, скорость реакций в области первого пика (бертинирование) значительно превышает скорость реакций в области второго пика (основное термическое разложение). Различный ход зависимости скоростей реакций от температуры говорит о различиях в химической природе этих процессов. Вместе с тем самый факт развития реакций высокоскоростного бертинирования по S-образной кривой показывает, что консекитивный тип реакций является превалирующим на всех начальных стадиях термического разложения.

Таблица 2

Относительные скорости выделения летучих при термическом разложении бурого угля

Температура в реакторе, °С	Область первого пика	Область второго пика
400	1,237	0,446
500	2,000	0,755
600	2,057	1,000

Таблица 3

Относительные скорости выделения летучих при термическом разложении зернистого и пылевидного длиннопламенного угля при 500°

Размер зерен, мм	Область первого пика	Область второго пика
0,1—1	2,319	1,124
2—5	1,278	0,587

Несмотря на то, что реакция термического разложения в большей своей части происходит после прогрева топлива до постоянной температуры, скорость прогрева угля заметно сказывается на ходе последующих реакций. В табл. 3 приведены относительные скорости выделения летучих из длиннопламенного угля с размером зерен 0,1—1 и 2—5 мм. Скорость прогрева зернистого угля на порядок ниже скорости прогрева пыли. Соответственно скорости выделения летучих в первом случае ниже, чем во втором, вдвое.

### Выводы

1. Осциллографический метод определения скорости выделения летучих может быть с успехом применен при изучении быстротекущих процессов термического разложения топлив.
2. Продолжительность процессов бертинирования не превышает 2—3 сек с момента смещения. Общая продолжительность процесса интенсивного выделения летучих для бурых и длиннопламенных сахалинских углей не превышает 10 сек.
3. Кинетические уравнения мономолекулярных реакций непригодны для описания суммарного процесса отщепления летучих при высокоскоростном термическом разложении.

Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию 1/IX 1960.

### ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Кашуричев, Инж.-физ. журн., т. II, вып. 9, 1959.
2. Е. И. Казаков, Л. П. Малышенко, Тр. Ин-та горючих ископаемых, т. IV, 1955.
3. О. А. Цуханова, Г. Д. Саламандра, Изв. АН СССР, ОТН, вып. 7, 1947.
4. О. А. Цуханова, Г. Д. Саламандра, Изв. АН СССР, ОТН, вып. 9, 1947.

5. А. Н. Макаров, М. Я. Шерман, Расчет измерительных и регулирующих дроссельных устройств. М., 1958.
6. Б. К. Климов, Приложение физико-химического анализа — термографического исследования — к изучению углей. Тр. I Всес. совещ. по химии и генезису твердых горючих ископаемых. М., 1953.
7. А. В. Гэдджер, Вода в углях. Химия твердого топлива, сб. I. М., 1951.
8. М. Г. Резник, Динамика выделения летучих продуктов из каменных углей. Тр. хим.-технол. факультета Донецкого индустр. ин-та, вып. I. Киев, 1956.
9. N. Berkowitz. Fuel, No. 1, vol. XLIX, 1960.



Х. Д. ПЕЕВ

## КОСВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ

Возможность своевременного предостережения от лавинной опасности предполагает знание всех факторов, от которых зависит это природное явление.

Констатировать лавинную опасность и установить места падения лавин по их косвенным признакам очень важно, так как повторяемость лавин на определенных местах весьма характерна, хотя и нерегулярна. Эта повторяемость дает возможность исследователям находить так называемые «пути схода лавин» и места «конусов выноса». При определении лавиноопасности может быть использован также ряд других косвенных признаков, но некоторые из них настолько малозаметны, что уловить их может только опытный глаз исследователя. Лучше всего эти признаки выявляются весной, когда общий снежный покров в горах уже стаял, но лавинные снежники еще сохранились.

Косвенные признаки лавинной опасности можно разделить на следующие группы: 1) рельеф местности; 2) микрорельеф; 3) нивальные формы; 4) аккумулятивные формы как результат лавинной деятельности; 5) геоботанические признаки; 6) прочие.

### 1. Рельеф местности

При наличии снегонакопления и ветрового снегопереноса морфологические формы и условия являются основным фактором лавинообразования. Особенно лавиноопасны горные районы, где имеются следы древнего оледенения, или районы современного оледенения. В горных районах древнего оледенения эрозионная деятельность ледников создала большое разнообразие рельефных форм, благоприятных для лавинообразования. По этим формам рельефа даже с первого взгляда можно более или менее точно указать все лавиноопасные места. Ниже мы рассмотрим отдельные формы рельефа, от которых в большой степени зависит лавинообразование.

#### Цирки

Цирки являются амфитеатроподобным расширением верховьев долинных систем и сами по себе не могут служить снегосборными бассейнами лавин, а их долины — путями схода лавин. Цирки имеют гляциальное происхождение. Они обрамляются круто спускающимися склонами, на которых всегда имеются денудационные воронки, эрозионные врезы и другие негативные формы рельефа, служащие путями схода лавин. Эти склоны наиболее лавиноопасны. Почти всегда одна из сторон цирка является подветренной в отношении господствующих ветров, в результате чего там образуются очень большие снегонакопления, уве-

личивающие лавинную опасность на хребтах, окружающих цирки. Образуются аккумулятивные формы снежного рельефа, которые дают начало множеству лавин.

#### Кресловины или кары

Эти негативные формы рельефа находятся в разных стадиях развития. Они обыкновенно расположены на склонах цирков или в высоких частях склонов горных долин.

С трех сторон кресловины обрамлены высокими и крутыми скалистыми склонами. С передней стороны кресловины открыты и часто имеют порог, на котором можно найти следы ледниковой шлифовки, если здесь имелось древнее оледенение. Они расположены высоко в горах и способствуют скоплению больших масс снега. Эти кресловины служат первичными снегосборными бассейнами для лавин. Часто в нижней части кары разрушены водной эрозией, и там находится денудационная воронка, так как летом кары служат водосборным бассейном и вода размывает себе путь вниз к долине. Эти денудационные воронки и эрозионные врезы зимой становятся путями схода лавин.

Когда кары имеют хорошо оформленный порог, он препятствует падению снежной массы, собравшейся в снегосборном бассейне, и лавины имеют меньшие размеры. Если порог кара разрушен эрозией, кар деформирован или находится в эмбриональной стадии развития, объемы лавинных масс резко увеличиваются. При таких лавинах часто сбрасывается весь снег, накопленный в снегосборных бассейнах, вместе с обломочным материалом. Типичный кар изображен на рис. 1.

#### Плечи трога

В горах, где ледниковая эрозия оформила характерные троговые долины, по их склонам хорошо выделяются плечи трога. Обыкновенно лавины зарождаются выше плеч трога, и так как уклоны самих плеч увеличиваются, то лавины приобретают огромную скорость.

Лавина, возникшая на небольшой высоте над трогом, может остановиться на его плече, если оно хорошо выражено и достаточно широко. Перейдя же плечо, лавина устремляется в долину с нарастающей скоростью, все смещая на своем пути. В случаях, когда плечо трога перегибается, образуя отвесные стенки, падение лавины сопровождается мощной воздушной волной.

#### Ригели

В троговых долинах обыкновенно встречаются ригели. Если ригели достаточно велики, то почти всегда по ним сходят лавины. Отрыв лавин происходит в месте перегиба ригелей в направлении к долинам. Часто лавины, упавшие по ригелю, доходят до противоположного склона долины. Если ригель имеет хорошо оформленный эрозионный врез, лавины проходят по врезу и таким образом получают фиксированный путь схода.

#### Денудационные врезы

В горах часто встречаются денудационные врезы как результат взаимного действия эрозии, нивации, коррозии, лавинной эрозии и т. д. Обыкновенно денудационные врезы расширяются в верхней своей части.



В горах, где нет современного оледенения, верхние расширенные части денудационных врезов зимой служат снегосборными, а летом водосборными бассейнами. По ним обычно скатываются большие лавины, зарождающиеся в высоко расположенных снегосборных бассейнах. Как правило, весной в основании склонов под этими врезами находятся лавинные конусы выноса снега и обломочных материалов. Типичный пример такого конуса дан на рис. 2.

### Эрозионные врезы

Эрозионные врезы меньше денудационных. Снег в них всегда имеет большую мощность, чем снежный покров на окружающей территории. Эрозионные врезы также являются путями движения лавин, но лавины эти значительно меньше тех, что спускаются по денудационным врезам.

### Коррозионные борозды

Наиболее часто лавины проходят по коррозионным бороздам, но здесь мощность их невелика из-за отсутствия расширений в верхней части борозд. Долинные склоны с коррозионными бороздами имеют характерный вид (рис. 3).

### Речные террасы

Речные террасы морфологически сходны с плечами трога, но находятся гораздо ниже по склону долины. Поэтому лавины, которые зарождаются на большой высоте, доходят с большой скоростью и увеличенной снежной массой до речных террас и почти всегда достигают дна долины.

### Альпийские луга

Там, где выше плеча трога и выше границы лесов начинаются альпийские луга, всегда существует лавинная опасность. Луга обычно наклонены по направлению к долине, и если они находятся на подветренной стороне, в них накапливаются большие массы снега. Лавины скользят по всему склону и, достигая верхней границы леса, уничтожают большое количество деревьев. Если по склону лавины встречают негативные формы рельефа, они проходят через леса и достигают долины.

Прочие негативные формы рельефа в горах (линзообразные и др.) могут быть тоже причислены к косвенным признакам лавинной опасности, так как в этих местах всегда наблюдается усиленное снегонакопление.

### 2. Микрорельеф

При одних и тех же основных формах рельефа, свидетельствующих о вероятности схода лавин, для более детальной оценки степени лавиноопасности очень важные показания может дать микрорельеф.

Микрорельефом мы называем местные особенности склонов, снегосборных бассейнов и путей схода лавин, имея в виду характер залегания горных пород, их состояние, сортировку и расположение скальных



Рис. 1. Болгария, гора Пирин. Цирк Кутело. А — кресловины углубления под самыми вершинами. Кресловины находятся в начальной стадии развития и не имеют порогов. Стрелки показывают характерные углубления, сделанные лавинами в известняковом грунте.

(Фото сделано с самолета).



Рис. 2. Болгария, гора Рила. Долина р. Ропалица. Денудационный врез. В верхней части фото — деформированный кар с разрушенным ригелем. Врез летом является водотоком, а зимой — путем схода лавин. На переднем плане обломочный материал — результат совместного действия двух денудационных факторов: снега и воды.

(Фото автора).



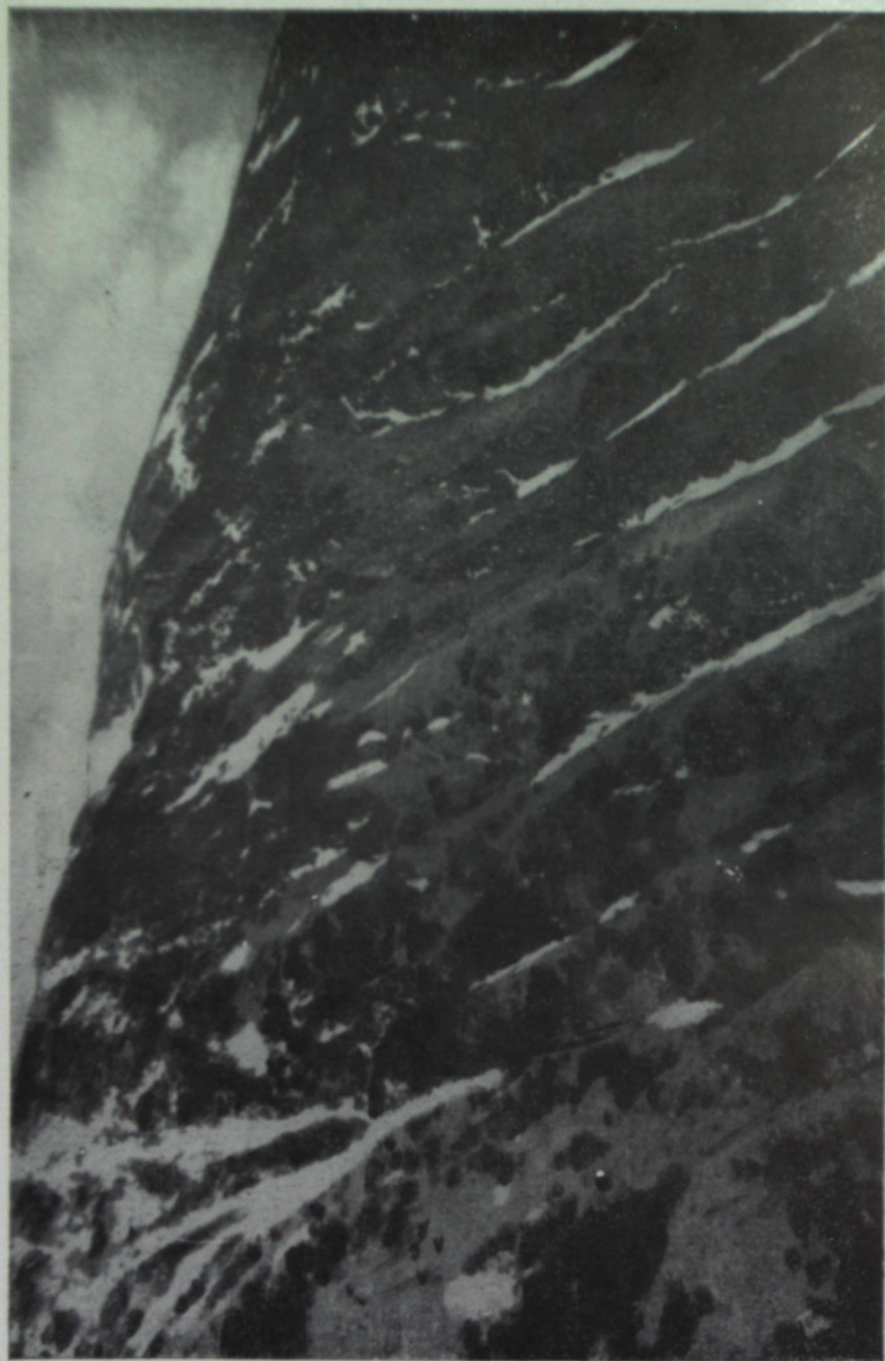


Рис. 3. Болгария, гора Рила. Западные склоны долины Ропалица, покрытые коррозийными бороздами.

(Фото автора).

отдельностей и массивов растительного покрова. Изменение микрорельефа вследствие снежного покрова не рассматриваем, считая этот фактор явным и непостоянным признаком лавинной опасности.

#### Характер залегания горных пород и состояние склонов

Наклоненные к долине скальные отдельности черепицеобразного строения всегда увеличивают вероятность соскальзывания снежных масс. Если на поверхности скал имеются небольшие выступы и террасы, снегу труднее соскользнуть и лавинная опасность уменьшается. Если трещины в горных породах направлены к долине, лавинная опасность увеличивается и лавины сносят большое количество обломочного материала. Вероятность соскальзывания увеличивается также, когда снег накапливается на отшлифованных ледником скалах (бараньи лбы).

#### Скальный состав

Скальный состав тоже играет большую роль в лавинообразовании. На склонах, в снегосборных бассейнах и на путях схода лавин часто встречаются россыпи и скальные отдельности разной величины, неустойчивые по отношению друг к другу. Однажды нам пришлось наблюдать, как лавина сошла оттого, что неустойчивые скальные отдельности переместились и повлекли за собой снег, дав начало огромной лавине.

#### Растительный покров

Лавиноопасные склоны часто бывают покрыты стлаником или другими стелющимися низкорослыми деревьями. В таких местах снежный покров не прилегает плотно к грунту и под ним даже остаются пустые места, что усиливает перекристаллизацию снега.

Если стланик вырублен и над грунтом выступают его корни, то снег задерживается лучше и лавинная опасность уменьшается.

Склоны, покрытые субальпийскими травами, более лавиноопасны, потому что трава наклоняется вниз по склону, образуя поверхность скольжения.

### 3. Нивальные формы рельефа

Действие ниваций особенно характерно в горах, где весной и летом остаются снежники. Снежники являются хорошим индикатором рельефа, и по ним легко установить негативные формы, где снег накапливается в больших количествах вследствие либо ветрового переноса, либо перемещения снежного покрова под воздействием лавин.

#### Снежники как результат ветрового переноса снега

Этими снежниками фиксируются все места, где снегонакопление больше, чем в окружающем снежном покрове.

Снежники, находящиеся на альпийских лугах за верхней границей леса, где, как известно, снег местами сохраняется дольше остального снежного покрова. Снежники всегда соответствуют негативным формам рельефа, являющимся в большинстве случаев результатом действия нивации. Постоянное действие нивации углубляет их, и они хорошо заметны, даже когда весь снег стаял. В этих



местах растительный покров (травы) уничтожен и грунт обнажен. Дно углублений сложено щебнем, песком, мелкоземом; заметны следы эрозионной деятельности воды. Когда нивация в течение многих лет действует на одном и том же месте, она постепенно расширяет и углубляет нивальные формы рельефа. Из-за больших накоплений снега здесь увеличивается лавинная опасность.

В снежниках русел, ручьев и рек собирается много снега, и они протаивают последними. Часто эрозионные врезы, по которым текут ручьи, служат путями движения лавин. Происхождение этих русел можно считать денудационным. Лавины тоже являются фактором эрозии, перенося обломочный материал вниз к долинам.

Снежники на плечах трогов образуются в результате неровности склонов. Там, где находятся плечи трога, снегонакопление больше. Весной плечи трога ясно видны, но летом при отсутствии снежников установить их бывает трудно.

Снежники речных террас тоже являются результатом неровности склонов и хорошо видны весной, когда снег выступает в роли индикатора рельефа.

Снежники карнизов. Карнизы — аккумулятивные формы снежного рельефа, очень характерные в горах. Весной хорошо видны все места, где зимой образовались карнизы, так как после них на хребтах остаются характерные снежники.

После того, как снег стаял, можно найти места, где были снежники, так как действием нивации разрушается травянистый покров и всегда получаются маленькие углубления, наклоненные к долине.

Все снежники, образующиеся в результате ветрового переноса снега, в той или иной степени оказывают нивационное действие на грунт, фиксируя в то же время места наибольших снегонакоплений. На всех этих местах лавинная опасность увеличена. Месторасположение таких снежников весной определяется по их остаткам, а поздним летом по их нивационному действию.

#### Снежники лавин

Снежники, оставшиеся на путях схода лавин. Почти всегда по местам, где прошла лавина, снег уплотняется и протаивает позже, чем общий снежный покров. Очень часто лавинный снег заполняет весь путь схода лавины. Если лавина шла по эрозионному врезу, то вода весной прокладывает себе дорогу под снежником и образует своего рода туннель. Сверху из твердого прессованного снега образуется снежный мост, по которому может пройти человек. Состав снежной массы здесь явно отличается от состава навешанных снежников и очень часто бывает загрязнен землей и мелкими камнями. На рис. 4 показан такой лавинный снежник в районе горы Пирин (Болгария).

Снежники, аккумулярованные в конусах выноса (лавиные конусы). Лавинные конусы являются важным фактором не только для определения мест падения лавин, но и для получения других важных сведений, характеризующих явление. Лавинные конусы — один из важнейших признаков лавинной опасности.

По форме и по составу они сильно отличаются от снежников эолового происхождения. Почти все лавинные конусы, образовавшиеся от лавин с хорошо выраженными путями схода (денудационные и эрозионные врезы, коррозионные борозды и т. д.), имеют характерную грушевидную форму. Лавинные конусы, образовавшиеся от снежных отвалов с нечетко выраженными путями схода, имеют вид бесформенных

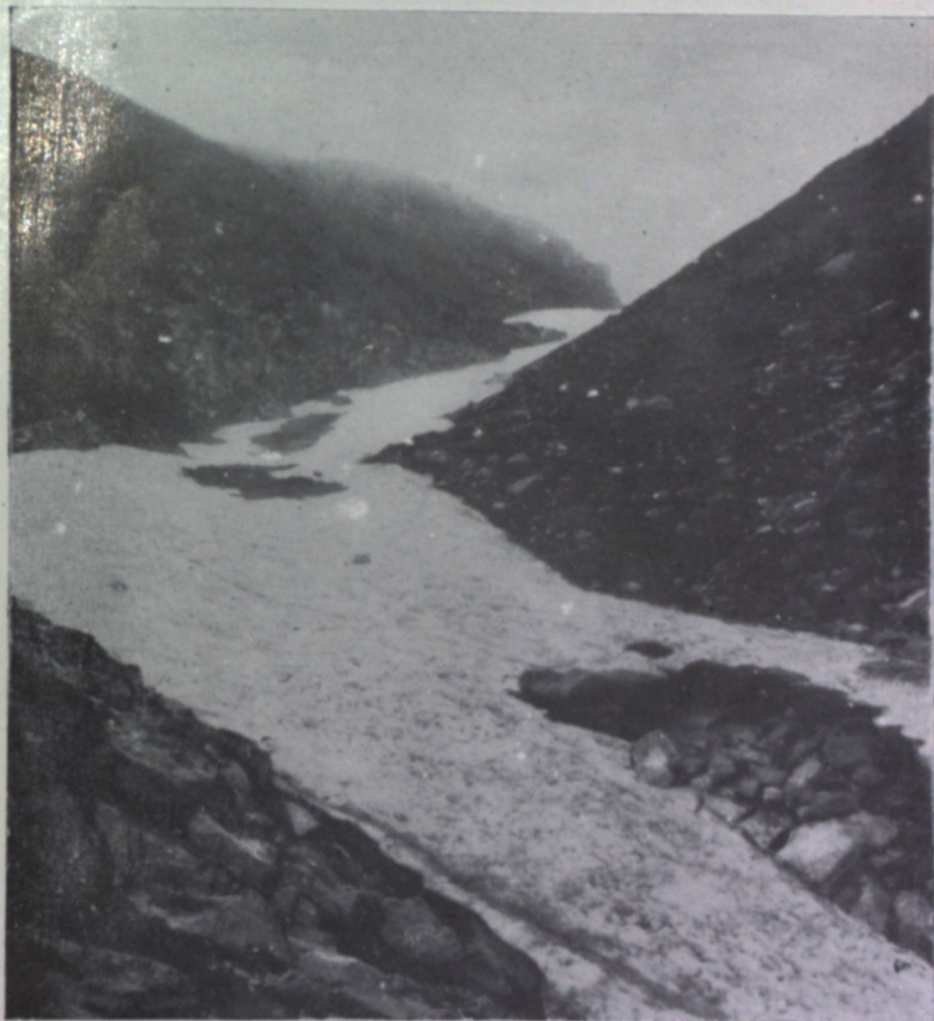
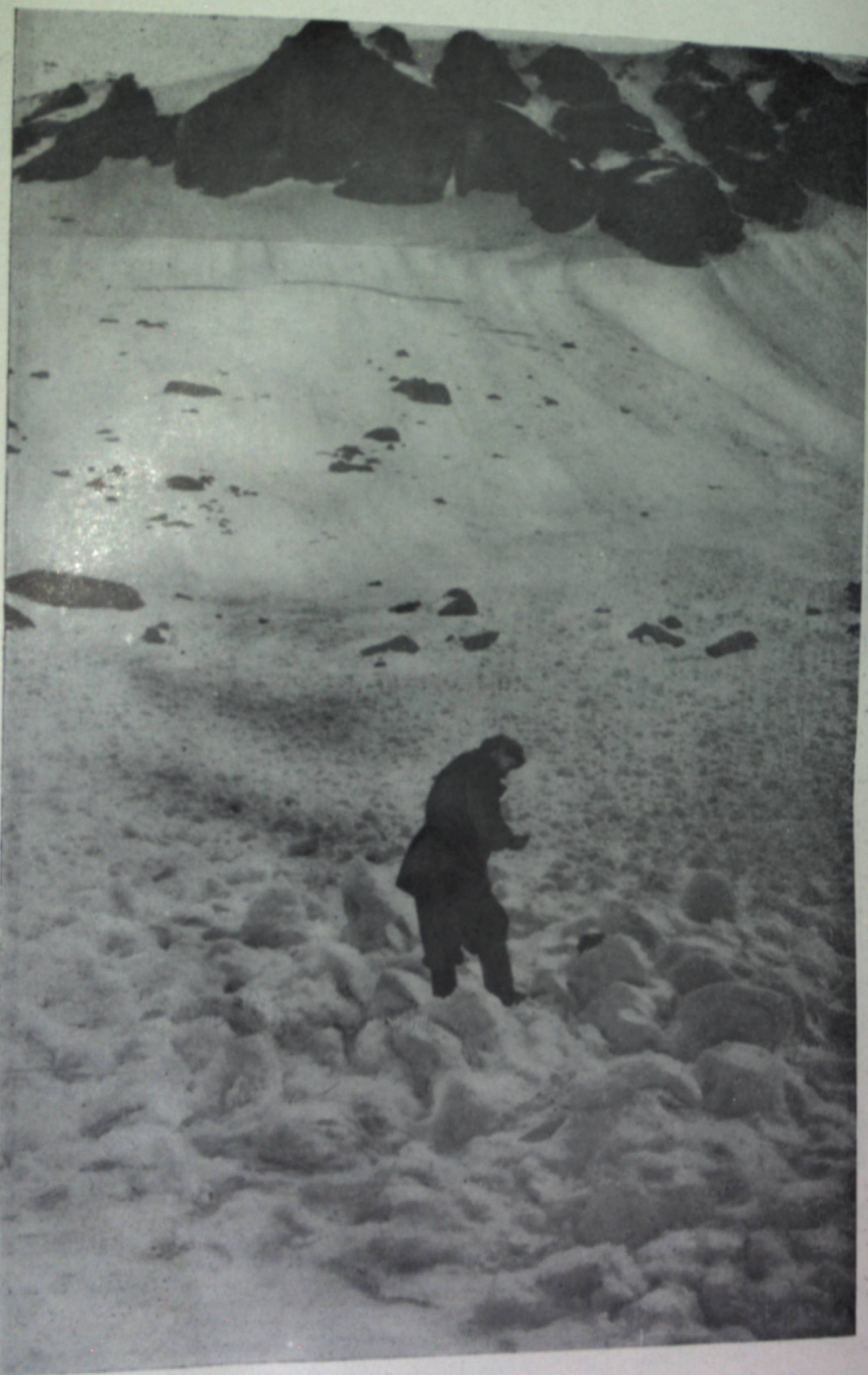
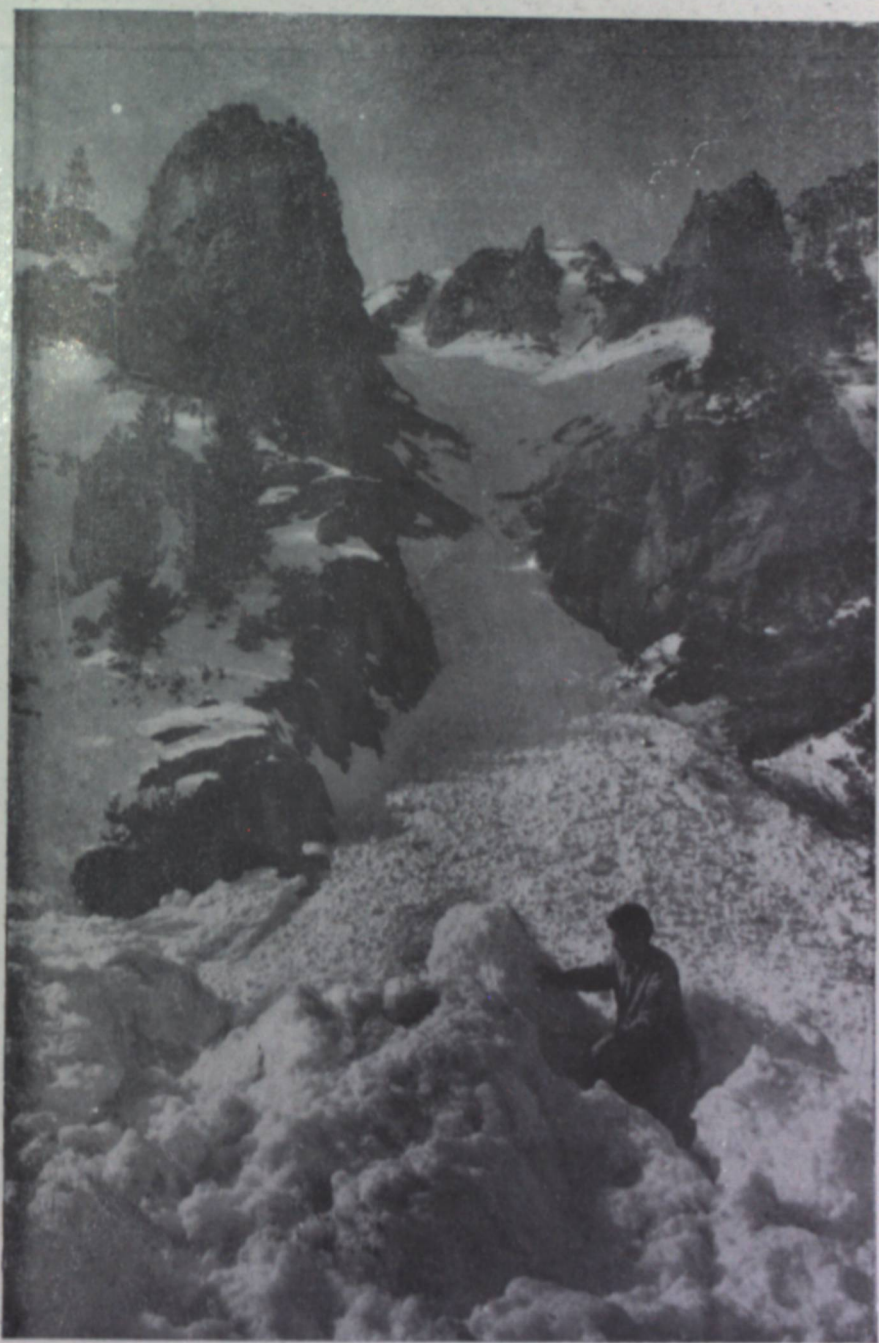


Рис. 4. Болгария, гора Пирин. Денудационный врез, по которому прошла большая лавина. Заполнен уплотненным лавинным снегом. (Фото автора).





*Рис. 5.* СССР, Кольский полуостров, Хибинские горы. Снежная масса лавинного конуса. Снег состоит из комьев размером от 10 до 40 см.  
(Фото В. Н. Аккуратова).



*Рис. 6.* Болгария, гора Рила. Снежный лавинный конус, образован лавиной из мокрого снега. Комья размером до 80 см. Снегосборным бассейном является деформированный кар.  
(Фото автора).



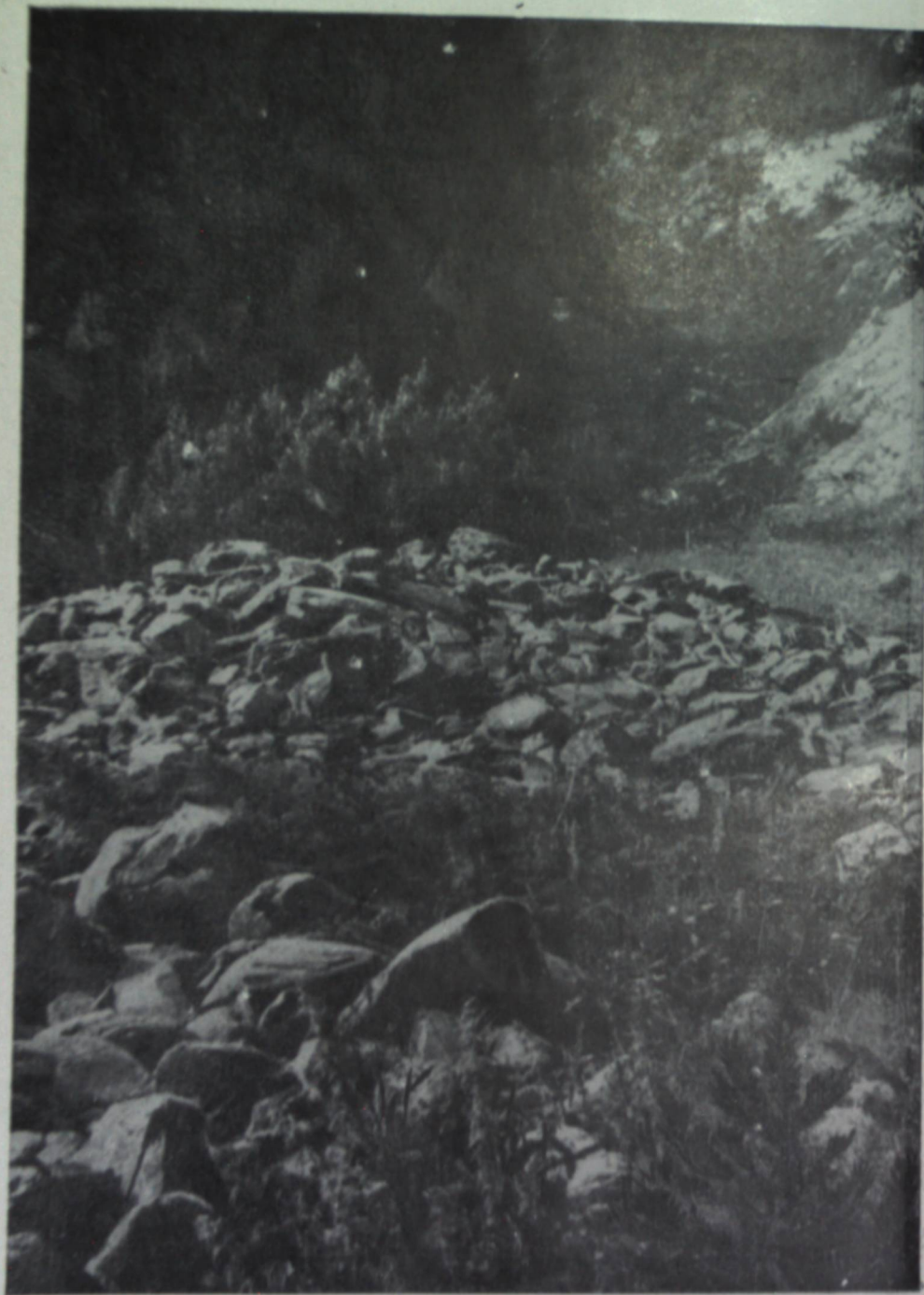


Рис. 7. Болгария, гора Пирин. Лавинный холм в долине Разложского суходола. Вдали виден путь схода лавин. Часть лавинного холма обросла травой. Виден стланик, выросший на несбыточном для него низком месте.

(Фото автора).

скоплений, параллельных основанию склона. Размеры лавинных конусов зависят от количества снега, снесенного лавиной вниз. Состав снега в лавинных конусах различен. Часто снег сильно спрессован и имеет повышенную твердость. По составу снега в лавинном конусе и по размеру конуса можно судить о количестве снежной массы, сброшенной лавиной, и о силе удара при ее падении. Состав снега в лавинном конусе характеризует также условия, при которых лавина упала.

Брекчиеобразная поверхность снега показывает, что в момент падения лавины был сухой снег при низкой температуре воздуха.

Небольшие бугры в лавинном конусе размером 20—40 см, закругленные, имеющие среднюю плотность, свидетельствуют о том, что лавина состояла из метелевого снега или что сухой снег уплотнился во время движения. Типичный пример такой бугристой поверхности дан на рис. 5.

Бугры и снежные доски, имеющие в разрезе спиралевидное строение и образующие пласты мощностью до 80 см, показывают, что лавина состояла из мокрого снега, уплотненного во время движения. Лавинный конус этого типа изображен на рис. 6.

Снежные доски больших размеров и разной толщины являются показателями происхождения лавины от плотного снежного покрова с крепким настом.

Лавинные конусы отличаются от других снежников еще и тем, что почти всегда загрязнены мелкоземом, скальными обломками различной величины, включают в себя дерн, травяные остатки, ветки деревьев. Камни располагаются внутри конусов. Мелкозем, ветки деревьев и травяные остатки обычно подхватываются вихрем, образующимся при падении лавин, и отлагаются на поверхности конуса выноса уже после удара. Если лавинная эрозия очень велика, случается, что снежная часть лавинного конуса скрывается под сплошным слоем мелкозема и мелкого обломочного материала.

В конце лета весь снег лавинных конусов может стаять. Но места, где они были, отчетливо заметны. Там остаются неотсортированные глыбы и камни, трава, ветки, мелкозем. Кроме того, хорошо заметны следы нивации, травянистый покров разорван и грунт обнажен.

Если на одном и том же месте часто падают лавины, постепенно оформляется углубление, которое по форме напоминает зеркальное изображение лавинного конуса. Лавинные конусы расположены низко в долинах, где нет иных причин большого снегонакопления и замедления снеготаяния. Поэтому действие нивации настолько не соответствует характеру окружающей среды, что сразу бросается в глаза.

#### 4. Аккумулятивные формы рельефа.

##### Лавины как фактор современной денудации

В горах, где снеговая граница высока и где отсутствует современное оледенение, почти все снежники протаивают за лето. К следующей весне они восстанавливаются и нивация возобновляется. Эта периодичность усиливает действие нивации. Талая вода нередко не обладает достаточной транспортирующей способностью, и обломочный материал переносится только лавинами. Кроме того, влекомый лавинами обломочный материал по пути своего движения оказывает разрушительное действие на скальный грунт по периметру сечения путей схода лавин, поэтому количество обломочного материала, транспортируемого лавинами,



увеличивается. Часто встречаются глыбы весом в десятки тонн. После протаивания лавинного снега глыбы и камни разной величины, а также мелкозем образуют новые формы рельефа.

### Обломочный лавинный конус

Обычно обломочный конус лавин имеет почти ту же форму, какую имел снежный лавинный конус. В горах, где нет современного оледенения, снегосборные бассейны лавин летом являются водосборными, и эрозия сносит вниз обломочный материал, образуя конусы выноса. Часто смешивают лавинные обломочные конусы и конусы выноса водной эрозии. При исследовании лавинной опасности в горах необходимо уметь различать эти признаки.

Обломочный конус лавин отличается от конусов выноса водной эрозии прежде всего тем, что он состоит из неотсортированных камней и глыб с неровными краями, находящихся в неустойчивом состоянии. В конусах водной эрозии весь материал окатан и отсортирован, т. е. ближе к склону находятся крупные глыбы и в направлении к долине размеры отдельностей постепенно уменьшаются.

Когда скорость движения лавин очень велика, обломочный материал отжимается потоком в стороны и обрамляет лавинный снежный конус. После протаивания снега по краям снежного конуса остаются каменные стенки. Эти характерные обрамления часто доходят до подножия лавиноопасного склона.

### Лавинные холмы

Если путь схода лавины сильно расширяется к долине, то получают другие формы рельефа, называемые лавинными холмами (рис. 7). Лавинные холмы похожи на лавинные конусы, но значительно шире их в основании и меньше по высоте. Когда лавины повторяются очень часто, холмы постепенно растут в направлении к лавиноопасному склону. Если лавины редки, то холмы покрываются мелкой растительностью, иногда на них встречаются хвойные деревья.

Когда лавины транспортируют скальный материал по стенам цирков гляциального происхождения, на дне которых есть озера, то снежный лавинный конус вместе со скальными обломками достигает озер и нагромождается на льду. Если озерный лед выдерживает, лавинный конус остается на всю зиму и только весной, одновременно с таянием льда, проваливается в озеро. Тогда скальный материал нагромождается на дне озера. Но если в момент падения лавин озерный лед не выдерживает удара и ломается, то лавинный конус сразу проваливается вместе со льдом на дно. Тогда скальные обломки остаются кучно в лавинном снежном конусе и образуют подводные формы рельефа, похожие на снежный лавинный конус.

Поскольку гляциальные озера имеют крутые берега, подводные отложения обломочных материалов лучше наблюдать с противоположного берега, поднявшись выше по склону.

При очень активной лавинной эрозии может случиться, что постепенно большие гляциальные озера полностью заполняются обломочным материалом, снесенным лавинами. В Южной Америке, в Кордильерах Блайка-Перу, несколько больших озер были заполнены скальным материалом вследствие лавинной эрозии, что причинило большой ущерб, так как эти озера использовались для водоснабжения перуанской столицы.

### Псевдоморены

Псевдоморены представляют собой характерные нагромождения глыб, которые образуются в основаниях склонов, где очень часто падают лавины. При этом их лавинные конусы сливаются в общий единый конус в виде снежного вала, параллельного склону. Пока этот вал еще не растаял, но снежного покрова в горах уже нет, продукты эрозии выветривания падают на снежный вал, соскальзывают с него и скапливаются у его подножия.

В самих лавинных конусах содержится также большое количество обломочного материала. После таяния снежных лавинных конусов весь этот материал остается у основания склона, на том же месте, которое он занимал в снежном конусе. Так постепенно у подножия склонов нагромождается продольный каменный вал, который действительно напоминает боковые морены древних ледников с той разницей, что они меньших размеров и находятся в более низких местах долины. Состав камней, слагающих вал, самый различный, они неустойчивы и имеют рваные края. Такие псевдоморены имеют пологий спуск к долине и крутой подъем к лавиноопасному склону. Между псевдомореной и склоном получается углубление, как результат действия ниваций, поскольку в этом месте снег имеет большую мощность и дольше задерживается.

Если есть периодичность в падении лавин и размеры их велики, то псевдоморены полностью засыпаются лавинным снегом. Тогда нивация действует и на псевдоморены, и слагающие их отдельности постепенно разрушаются и измельчаются.

### Царапины

Когда лавинная эрозия ясно выражена и лавины проходят по мягкому грунту, камни, движущиеся очень быстро вместе со снегом, царапают грунт. Эти царапины имеют разную длину и иногда достигают десятков метров. При частом падении лавин царапины видны отчетливо.

В Японии эти царапины являются одним из основных признаков лавинной опасности. Встречаются они, например, на склонах вулкана Фудзияма, где лавины — явление частое.

### 5. Геоботанические признаки лавинной опасности

Лавины оказывают на растительность двойное действие: механически уничтожают некоторые виды растительности, а также видоизменяют состав растительной ассоциации в связи с залеганием лавинных конусов.

Механическое уничтожение растительности может быть следующих видов.

#### Уничтожение лесной растительности снежной массой

Вычислено, что средняя по величине лавина, имеющая в своем снегосборном бассейне общий снежный покров мощностью 1 м при наклоне склона 25° оказывает при падении с высоты 500 м давление около 2 т на 1 м<sup>2</sup>. Ясно, что никакой лес не может устоять перед такой ударной силой и все деревья по пути лавины будут неизбежно уничтожены.

Когда лавины движутся по строго определенным путям схода, они уничтожают меньше растительности. Но если размеры лавин слишком



велики, снег переполняет сечение канала схода и уничтожает леса, обрамляющие путь схода лавин. Таким образом, путь схода лавин постепенно расширяется.

Лавины, не имеющие определенного пути схода и движущиеся по всему склону, обычно зарождаются в поясе альпийских лугов выше верхней границы лесов. Достигая лесной зоны, они уничтожают деревья в верхних опушках. Если лавины встречаются на своем пути в лесу просеку или негативные формы рельефа, они проходят по ним вниз по склону и достигают дна долины. Достаточно одной лавине пробить в лесу дорогу, как следующие лавины следуют по ней, постепенно ее расширяют, уничтожая окрестный лес.

Даже спустя много лет после падения лавины эти вырванные с корнем деревья служат верным косвенным признаком лавинной опасности. На пути схода лавин появляются иногда молодые побеги, но между ними видны сгнившие стволы старых деревьев, сброшенных давними лавинами.

По данным Австрийского научно-исследовательского лесного института, только за 1951 г. в Австрии было уничтожено лавинами 700 000 м<sup>3</sup> хвойного леса.

#### Уничтожение лесов ударными волнами, вызванными лавинами

При быстром движении лавин, в особенности состоящих из сухого снега, образуются воздушные ударные волны. Разрушительная сила этих волн настолько велика, что часто превосходит эффект удара самого лавинного снега. Воздушная волна не следует за снежной массой, а всегда предшествует ей. Кроме того, возникнув, она распространяется по кратчайшему расстоянию и валит лес уже не там, где движется снег, а в самых неожиданных местах. Очень часто воздушные волны идут далеко впереди лавинного снега и уничтожают лес на противоположных склонах долин. Бывает и так, что воздушная волна не только вырывает деревья с корнем, но и ломает их на лету. В этом случае деревья ложатся по склону вверх кронами.

#### Понижение верхней границы лесов

Зародившиеся в высоких безлесных частях склона лавины стремительно движутся вниз, достигают верхней границы лесной зоны и уничтожают первые ряды деревьев. Следующие лавины валят деревья, стоящие ниже, и таким образом верхняя граница лесов постепенно понижается. Иногда это понижение достигает более 100 м по горизонтали. Горный лес с трудом восстанавливается, так как новые насаждения в процессе роста нуждаются в защите от лавин. Защиту же лесов можно осуществить только с помощью противолавинных сооружений, которые следует располагать выше верхней лесной границы.

#### Зеленые острова

Когда по склонам падает много лавин и они не имеют определенных путей схода, постепенно уничтожается весь лес, склон почти полностью оголяется. Лишь кое-где остаются группы деревьев, соответствующие обычно позитивным формам рельефа, и издали они выглядят, как зеленые островки. Такие островки — характерные признаки лавинной опасности. При усиленном сбросе лавин даже и эти островки могут исчезнуть, тогда весь склон становится голым. Восстановление лесов на таких склонах исключено.

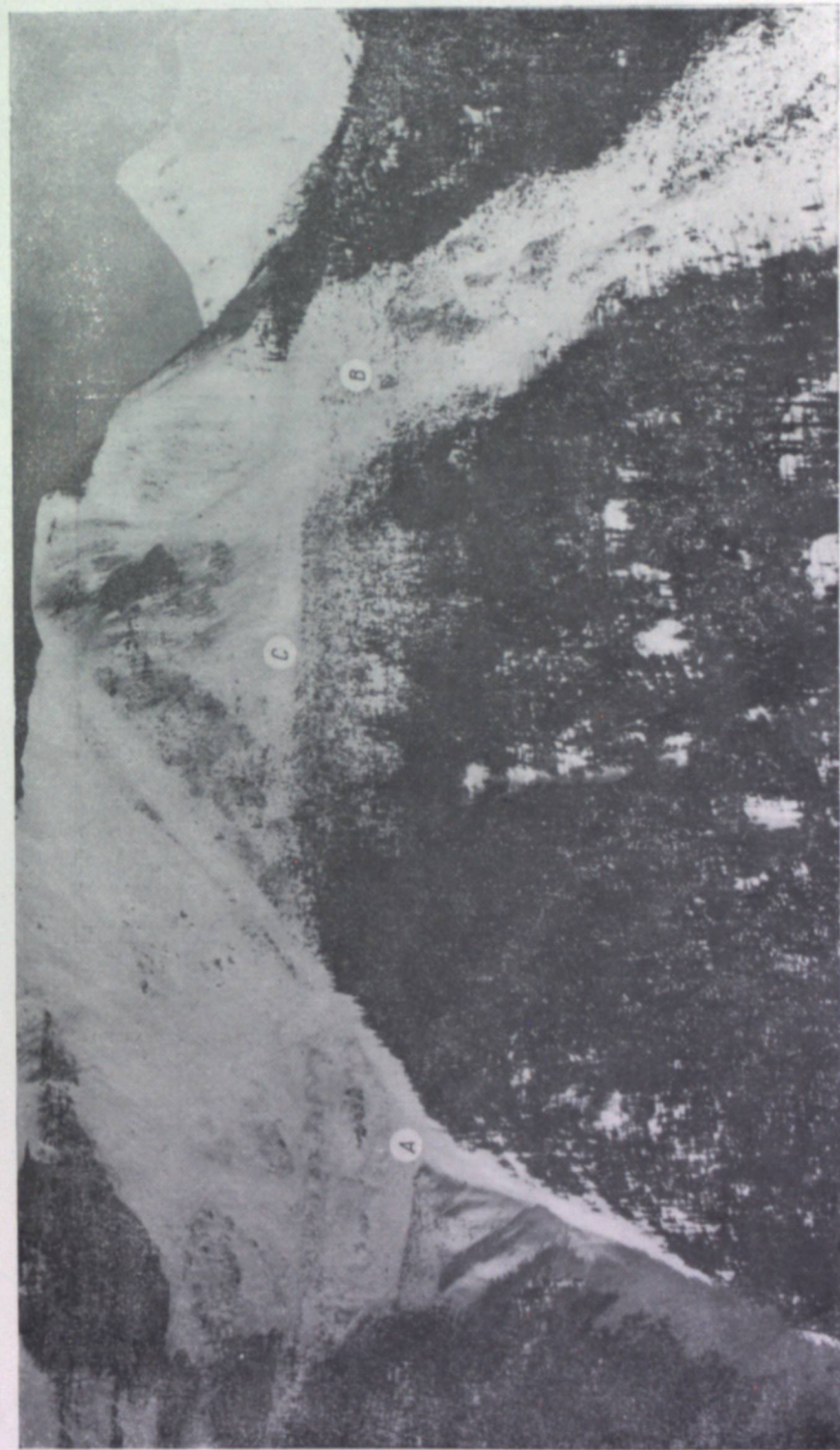


Рис. 8. Канада, Скалистые горы. С — плечо трога; А — денудационный врез, по которому проходят лавины; В — лавина прошла впервые, не имея определенного пути схода, на своем пути она уничтожила лес на большой площади. (Фото Е. И. Маргел).)



### Просеки

Иногда в горах в противопожарных целях или для транспортировки лесных материалов прокладываются просеки. Если есть условия для сброса лавин, они почти всегда служат путями схода лавинного снега, который постепенно их расширяет и уничтожает весь обрамляющий их лес. Просеки необходимо делать продуманно, чтобы они никогда не доходили до верхней границы леса. Если хотя бы раз лавина пройдет по такой просеке, впоследствии эта просека станет постоянным путем схода лавин. Иногда и сами лавины проделывают такие просеки в лесах. Чаще всего это бывает тогда, когда есть хотя бы небольшой эрозионный врез с малым водосборным бассейном. Когда лавины начинают вклиниваться в этот разрез, они постепенно его расширяют, уничтожая большое количество лесной растительности. Такие просеки (рис. 8) — характерный признак лавинной опасности.

### Саблевидная форма деревьев

В местах, где зарождаются лавины, в снегосборных бассейнах ниже альпийских лугов и на окраинах пологих полей имеется древесная растительность. В результате медленных подвижек снега деревья приобретают саблевидную форму.

### Вырывание травы

Лавины, начинающиеся в альпийских лугах, вырывают с корнем весь травянистый покров. Вырванная трава в процессе движения скручивается длинными катушками, расположенными поперек склонов. Это явление часто встречается в горах Японии, где длина травяных катушек достигает 2 м (рис. 9). С образованием лавинных конусов связано видоизменение состава растительной ассоциации.

Как правило, уплотненный лавинный снег тает гораздо позже, чем окружающий снежный покров. Часто лавинный снег остается на все лето. Около этих лавинных конусов создается свой микроклимат, влияющий на состав растительной ассоциации. Возникают иные экологические условия.

В таких местах исчезают растения с более продолжительным периодом вегетации. В летнее время появляются влаголюбивые растения, характерные для весеннего сезона. Из-за повышенной влажности почвы около лавинных конусов или после их таяния на месте, где они были, трава всегда зеленее, чем на окружающей территории.

Появляются растения, не характерные для данного горного пояса, обычно такие, которые растут выше по склонам. Эта растительная инверсия показывает, что семена были перенесены сверху лавинным снегом, а создавшийся в районе лавинного конуса микроклимат определил необходимые условия нормального развития высокогорных растений.

### 6. Разные признаки

Кроме упомянутых выше косвенных признаков лавинной опасности, есть и другие, которые тоже следует учитывать при обследовании лавинных мест в горах.



Рис. 9. Япония, гора Фудзияма. Трава скручена в виде катушек во время движения лавин.

(Фото Зузуму Такахаша).



## Останки погибших животных

Весной, когда дикие козы переходят лавиноопасные участки, равновесие снежных масс нередко нарушается и создаются лавины, в которых гибнут и сами животные. Поздней весной в тающих лавинных конусах появляются скелеты этих животных.

## Разрушение построек

Лавины разрушают постройки, которые встречаются на их пути. Может пройти много лет с тех пор, как постройка разрушена, но характер разрушения еще ясно говорит о его причине. Часть постройки, обращенная к склону, принимает основной удар лавины и поэтому разрушается более всего. После стаявания снега остатки разрушенных строений находят в беспорядке разбросанными ниже по склону в направлении к долине. При воздушной ударной волне более легкие части строения отбрасываются на очень большие расстояния по направлению ее движения.

Союз научных работников Болгарии,  
София

Поступила в редакцию  
20/II 1961

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аккуратов В. Н., Генетическая классификация лавин. Тр. Эльбрусской высокогорной комплекс. эксп. АН СССР. Нальчик, 1959.
2. Анисимов М. И., Снег и снежные обвалы. АН СССР, М., 1958.
3. Berger H., Zur Geomorphologie des Gailtaler Alpen. Geographischer Jahresbericht aus Österreich, Bd. XXVI, Wien, 1956.
4. Vanni Manfredo, Ricerche sul Manto Nevoso. Nell'Alta Valtomnanshe. Bull. del Comitato Glaciologico Italiano, № 7, Ser II, Torino, 1959.
5. Гвинчидзе Н. М., Методические основы организации и производства научно-исследовательских работ по изучению явления снежных лавин и мер борьбы с ними в горных и полярных лавиноопасных районах применительно к требованиям высокогорного гидроэнергостроительства. Тр. высокогорной комплекс. эксп. АН СССР, Нальчик, 1959.
6. Георгиев Ст. Родопите и Рилската планина и нихната растителност. Сб. за народни умотворения наука и книжнина, т. III, София, 1890.
7. Гловия М., Относно периглациалния релеф в България. Изв. на Българ. геогр. дружество, кн. II(XII), София, 1959.
8. Gold L. W., Williams G. P. Some Results of the Snow Survey of Canada. National Research Council of Canada, Ottawa, 1957.
9. Gold L. W., Influence of Snow Cover on Heat Flow from the Ground. National Research Council of Canada, Ottawa, 1958.
10. Gold L. W., Changes in a Shallow Snow Cover Subject to a Temperate Climate. National Research Council of Canada, Ottawa, 1958.
11. Kanosaka Jchiro, On the Accident by Avalanches on Mt. Fuji-Sangaku, Tokyo, 1959.
12. Quervain de M., Zur Entstehung der Lawinen. Leben und Umwelt, Hf. 6, 1951.
13. Mathews W. H., Glaciological Research in Western Canada in 1957. The Canadian Alpine Journal, Alberta, 1958.
14. Пеев Хр. Д., Проучване на Вихренската лавина и нейния снегосбирателен басейн. Природа. Изд. на БАН, кн. 6, София, 1953.
15. Пеев Хр. Д., Лавините в Пирин планина от вр. Пирин до долината на река Бъндерица. Природа. Изд. на БАН, кн. 6, София, 1955.
16. Пеев Хр. Д., Относно лавинообразуването в Рила. Природа. Изд. на БАН, кн. 1, София, 1957.
17. Пеев Хр. Д., Постоянни лавинни пътища. Сп. Турист, бр. 2, София, 1957.
18. Пеев Хр. Д., Картирание на лавините. Сп. Турист, бр. 10, София, 1959.
19. Пеев Хр. Д., Лавини как съвременен денудационен фактор. Изв. Всес. геогр. об-ва, т. 89, вып. 4, Л., 1957.
20. Pееv Chr. D., Bulgariska Lawinstudier. Hf. 2, Uppsala, 1958.

21. Pееv Chr. D., Der Einfluss von Hangneigung und Exposition auf die Lawinenbildung. Geographische Berichte, Bd. 12, Hf. 3, 1959.
22. Rapp Anders, Studien über Schutthalden in Lappland und auf Spitzbergen. Zeitschrift für Geomorphologie. Bd. 1, Hf. 2, 1957.
23. Rapp Anders, Om Bergasoch Laviner in Alpema. Hf. 2, Uppsala, 1958.
24. Rapp Anders, Avalanches Boulder Tongues in Lappland. Descriptions of little Known Forms of Periglacial Debris Accumulations. Geografiska Annaler, University of Uppsala, 1959.
25. Рихтер Г. Д., Снег и его использование. Изд. Знание. Сер. IX, кн. 2, М., 1960.
26. Сербенко В. И., Снежные обвалы в верховьях долины реки Томи. Тр. ТЭИ ЗСФАН, № 4, Новосибирск, 1954.
27. Солнцев Н. А., Снежники. Географгиз, М., 1949.
28. Trask Parker D., El Problema de los Aluviones de la Cordillera Blanca, Boletín de la Sociedad Geografica de Lima, т. LXX, Peru, 1953.
29. Тушинский Г. К., Лавины и защита от них на геологоразведочных работах. Госгеолтехиздат, М., 1957.
30. Тушинский Г. К., Лавинный режим Большого Кавказа. Тр. Эльбрусской высокогорной комплекс. эксп. т. I, Изд. АН СССР, Нальчик, 1959.
31. Fleig W., Lawinen. Wiesbaden, 1955.
32. Fromme G., Der Waldrückgang im Oberinntal. Mitteilung der Forstlichen Versuchsanstalt, Hf. 54, Marianbrunn, 1957.
33. Handl Leo, Praktische Schnee und Lawinenkunde Herausgegeben vom der Universität, Innsbruck, 1955.
34. Hassenteufel W., Lawinenschutz in Tirol, Innsbruck, 1958.
35. Schiechl H. M., Grundlagen der Grünverbauung. Mitteilung der Forstlichen Versuchsanstalt, Hf. 55, Marianbrunn, 1958.
36. Schild M., Schnee, Lawinen und Gletscher. Weissfluhjoch, Davos, 1950.
37. Schnee und Lawinen in den Schweizeralpen. Winter 1957/1958. Winterbericht des Eidg. Institutes für Schnee und Lawinenforschung Weissfluhjoch, Davos.
38. Avalanche Handbook. Forest Service, U. S. Department of Agriculture, Utah, U. S. A., 1957.



А. А. БЕЗЗУБЕНКО, Б. И. ПЕЩЕВИЦКИЙ

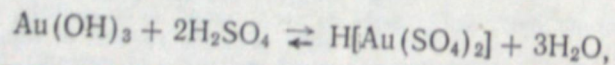
### К ВОПРОСУ О СУЩЕСТВОВАНИИ АКВО-ИОНА ЗОЛОТА 3+

В настоящее время проводятся широкие количественные исследования комплексообразования в водных растворах с целью получения термодинамических характеристик подобных равновесий. Однако, несмотря на то, что химия комплексных соединений обязана своим рождением в значительной степени особым свойствам благородных металлов (платины, золота и др.), в силу ряда экспериментальных трудностей наименьшее количество найденных непосредственно из опыта констант известно именно для этих элементов [1].

Обычно изучение прочности комплекса проводится относительно «стандартного», водного фона. Иными словами, исследуется процесс замещения молекул воды гидратной сферы иона каким-либо другим аддендом (или наоборот). Указанная стандартизация дает право сравнивать между собой результаты эксперимента как для различных аддендов, так и для различных ионов-комплексообразователей. Поэтому выяснение возможности и условий существования аква-иона металла имеет первоочередное принципиальное значение с точки зрения количественной характеристики прочности комплексных соединений в растворах.

Для нахождения области существования аква-иона золота 3+ можно воспользоваться результатами исследования растворимости гидроокиси золота в сильных кислотах, анионы которых имеют сравнительно слабую склонность к координации вокруг центрального атома. Такими кислотами могут быть серная, азотная или хлорная.

Растворимость гидроокиси в серной кислоте (в широком интервале концентраций) изучали Ирза и Еллинек [2]. Эти авторы нашли квадратичное увеличение растворимости с увеличением концентрации кислоты. Они рассчитали «константу сродства»  $K = 2,1 \cdot 10^{-4}$ , отвечающую равновесию



предполагая тем самым, что растворение в серной кислоте происходит в связи с образованием сульфатного комплекса золота.

Этими же исследователями [2] проведено определение растворимости в 0,45 М азотной кислоте. Найдена растворимость, равная  $\sim 3 \cdot 10^{-5}$  моль/л, на основании чего рассчитано произведение растворимости гидроокиси золота  $PP = 5,5 \cdot 10^{-46}$  — величина, которая вошла во все справочники и руководства<sup>1</sup>. Базируясь на этом значении, Латимер [3] вычислил стандартный окислительный потенциал полуреакции  $\text{Au}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Au}$ , что, в свою очередь, повлекло к расчету полных констант диссоциации хлоридных, бромидных и других комплексов трехвалентного золота (см. [4]) и соответственно свободных энергий образования [3].

<sup>1</sup> С учетом коэффициентов активности  $PP = 9 \cdot 10^{-45}$ .

На наш взгляд, как величина растворимости, так и существующие мнения об образовании аква-иона, положенные в основу всех последующих вычислений, требуют радикальной проверки, тем более что Ирза и Еллинек получили величину  $PP = 9 \cdot 10^{-46}$  по данным растворимости в серной кислоте, близкую к указанной выше, хотя проведение такого расчета противоречит ими же предложенному механизму растворения в этой кислоте.

### Эксперимент

Реагенты. В работе использовались золотохлористоводородная кислота ч; бромистый натрий чда и бура хч, перекристаллизованные перед употреблением; серная кислота, азотнокислый натрий хч; азотная кислота хч, предварительно прокипяченная.

Гидроокись золота была получена по известной методике (см. [5]) путем приготовления хлороаурата калия, действия на него соды при нагревании, длительной отмывки разбавленной серной кислотой до полного исчезновения реакции на хлор-ион и промывания разбавленной азотной кислотой для удаления сульфат-ионов.

Методика. Свежеприготовленная гидроокись золота растворялась в концентрированной (10—12 М) азотной кислоте при нагревании до получения сильно окрашенного насыщенного раствора. Исходный раствор разбавлялся водой до определенных концентраций по азотной кислоте, и в полученных растворах проводилось определение растворимости гидроокиси золота по обычной методике в водяном ультратермостате  $V = 8$  (перенесенном в аквариум объемом в 40 л) при температуре  $25,00^\circ \pm 0,05^\circ$ . Концентрация азотной кислоты после разбавления находилась путем титрования навески буры. Пробы отбирались примерно через час, вплоть до получения сходящихся результатов. Маточник отделялся от твердой фазы фильтрованием на стеклянном фильтре № 4 и № 5 или, для контроля, длительным центрифугированием на центрифуге ВД-4. Избыточная кислотность оттитровывалась раствором гидроокиси натрия до рН, близкого к нейтральному, вводился бромистый натрий до постоянной концентрации 0,5 моль/л, и в аликвотной части определялось содержание золота (по окраске бромидных комплексов) на фотоколориметре ФЭК-М с синим светофильтром путем сравнения со стандартной кривой, полученной в тех же условиях.

### Результаты и обсуждение

Средние величины найденных растворимостей гидроокиси золота 3+ в азотной кислоте различных концентраций сведены в таблицу. Относительная ошибка составляет не более  $\pm 10\%$ .

Следует отметить, что по принятой нами методике равновесие достигалось только сверху, так как при достижении равновесия снизу сходящихся от опыта к опыту значений растворимости не наблюдалось, что объясняется эффектом «старения» гидроокиси. Добавление воды к исходному раствору приводило к моментальному выделению аморфного осадка коричневого цвета, интенсивность окраски и размер частиц которого уменьшались по мере разбавления. Начиная с 3 М кислоты и ниже, дальнейшее разбавление уже не приводило к выпадению осадка. Равновесие устанавливалось приблизительно за 2 часа, и затем в продолжение, по крайней мере, 10 часов величина растворимости сохраняла постоянное значение. В качестве иллюстрации на рис. 1 приведены результаты одного из опытов для концентрации кислоты 2,42 моль/л.



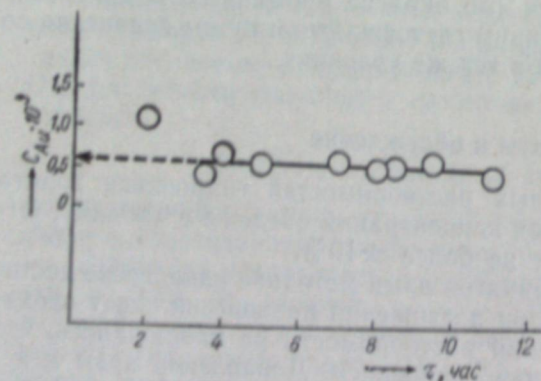
Благодаря сильной окислительной способности трехвалентного золота в растворах азотной кислоты, особенно внимательно приходилось следить за тем, чтобы не попадали в раствор, а также отсутствовали в окружающей атмосфере низшие окислы азота, двуокись серы и другие газы, обладающие восстановительными свойствами.

Растворимость гидроокиси золота в азотной кислоте

Концентрация $\text{HNO}_3$ , моль/л	Растворимость гидроокиси золота, г атом/л · 10 <sup>3</sup>	Исходный раствор $\text{HNO}_3$ , моль/л	Температура, °С
10,1	380	12,1	25
7,64	79	10,9	25
6,05	23	7,64	25
4,84	7,4	12,1	25
4,03	4,1	6,05	25
2,84	1,2*	11,5	25
2,42	0,57	12,1	25
2,42	0,63	10,9	25
1,94	0,44*	11,5	25
1,55	0,36*	11,5	25
1,21	0,27	2,42	25
0,96	0,20	12,1	25
0,60	0,10	10,9	25
0,41	0,070*	1,94	25
0,32	0,057	7,64	25
1,35	0,25	11,5	40

\* Значения, полученные после предварительной очистки гидроокиси путем трехкратного переосаждения из азотной кислоты.

Сильное различие между полученными нами величинами растворимости в разбавленной азотной кислоте (см. таблицу) и уже цитированными данными литературы вынудило провести несколько проверочных экспериментов. Так как не делалось специальной очистки золота, завышенные результаты могли быть получены за счет обогащения жидкой фазы (при разбавлении) другими благородными металлами, нитратные комплексы которых менее подвержены гидролизу и образуют окрашенные соединения в бромидной среде. Поэтому некоторые значения были получены после предварительного трехкратного переосаждения гидроокиси из азотной кислоты. Как видно из рис. 2, на котором в логарифмическом масштабе изображены данные таблицы, эти точки удовлетворительно ложатся на кривую растворимости.

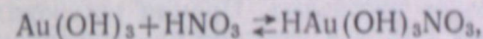


Зависимость растворимости гидроокиси золота 3+ от времени в азотной кислоте 2,42 моль/л.

На эту же кривую попадает, в пределах ошибки опыта, и величина, найденная при 40°. Следовательно, разницей в температурах (Ирза и Еллинек делали свое определение при 21°) не может объясняться столь значительная расхожимость результатов. По-видимому, данные Ирза и Еллинека недостаточно точны.

Кривая растворимости (рис. 2) имеет две четко очерченные ветви. Первая ветвь отвечает области разбавленной азотной кислоты, верхней границей здесь служит концентрация 2,5 моль/л. Выше этой концентрации наблюдается отчетливый излом и начинается прогрессивное возрастание растворимости с ростом концентрации азотной кислоты — вторая ветвь. Для первой ветви характерно почти линейное возрастание растворимости. Так как в качестве исходных применялись самые различные заново приготовленные растворы гидроокиси золота в азотной кислоте и так как все результаты удовлетворительно ложатся на плавную кривую, исключена возможность случайного образования каких-либо прочных соединений золота, подвергающихся легко гидролизу при разбавлении. Например, недостаточная очистка от хлор-иона при синтезе гидроокиси могла бы привести к образованию некоторого количества хлоридных комплексов.

Еще более рельефно кривая растворимости выглядит, если по оси абсцисс отложить активность кислоты, которая рассчитана нами на основании известных коэффициентов активности  $\text{HNO}_3$  [6]. На рис. 3 показана зависимость найденных растворимостей от активности кислоты. Экспериментальные точки правой ветви очень хорошо ложатся на прямую с тангенсом угла наклона, равным 1. Подобная линейная, а не кубическая зависимость несовместима с предположением об образовании аква-иона золота при растворении гидроокиси в разбавленной азотной кислоте, поэтому нет оснований для вычисления  $PP$ . Можно полагать, что на этом участке концентраций механизм растворения соответствует уравнению



с константой гетерогенного равновесия  $K = 2,5 \cdot 10^{-4}$ .

Что касается второй ветви кривой, то наклон в случае концентрационной зависимости (рис. 2) в логарифмическом масштабе в среднем равен 5. Так как, начиная с 3 M кислоты, коэффициент активности ее становится больше единицы, следовало ожидать уменьшения тангенса угла наклона второй ветви при выражении концентрации через активность<sup>1</sup>. Действительно, до 6 M кислоты это приводит к уменьшению на-

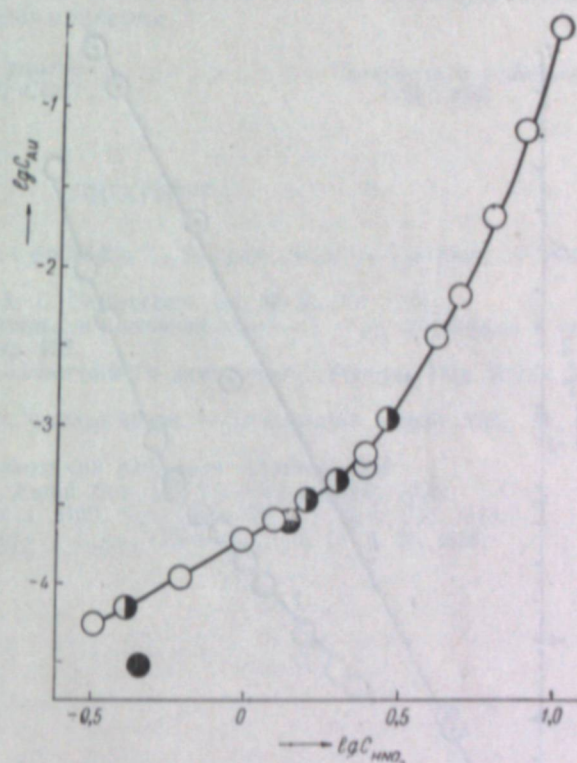


Рис. 2. Растворимость гидроокиси золота как функция концентрации азотной кислоты. Наши данные: ○ — при 25°; ● — при 25° после трехкратного переосаждения; ◐ — при 40°. Литературные данные [2] — ●.

<sup>1</sup> Коэффициенты активности азотной кислоты взяты из работы Мак-Кея [7].



клона кривой, причем тангенс становится равным 2,6. К сожалению, мы не располагаем данными по коэффициентам активности для еще больших концентраций азотной кислоты. По-видимому, при больших ее активностях тангенс наклона будет стремиться к 4.

Несмотря на близкую к кубической зависимость растворимости от концентрации, возрастание ее с увеличением последней, на наш взгляд, происходит за счет образования

нитратных комплексных форм вплоть до  $\text{H}[\text{Au}(\text{NO}_3)_4]$ , а ступенчатость комплексообразования приводит к плавному изменению наклона кривой растворимости. Поэтому и в области больших концентраций азотной кислоты нет никакой уверенности в образовании аква-иона золота  $3+$ . Наоборот, существование нитратных комплексов золота в концентрированных растворах азотной кислоты не вызывает сомнений [8].

Для сравнения на рис. 3 приведены также литературные данные по растворимости гидроокиси золота в серной кислоте как функции от активности кислоты, которая была рассчитана нами с использованием данных по коэффициентам активности серной кислоты [9]. Обращает на себя внимание тот факт, что

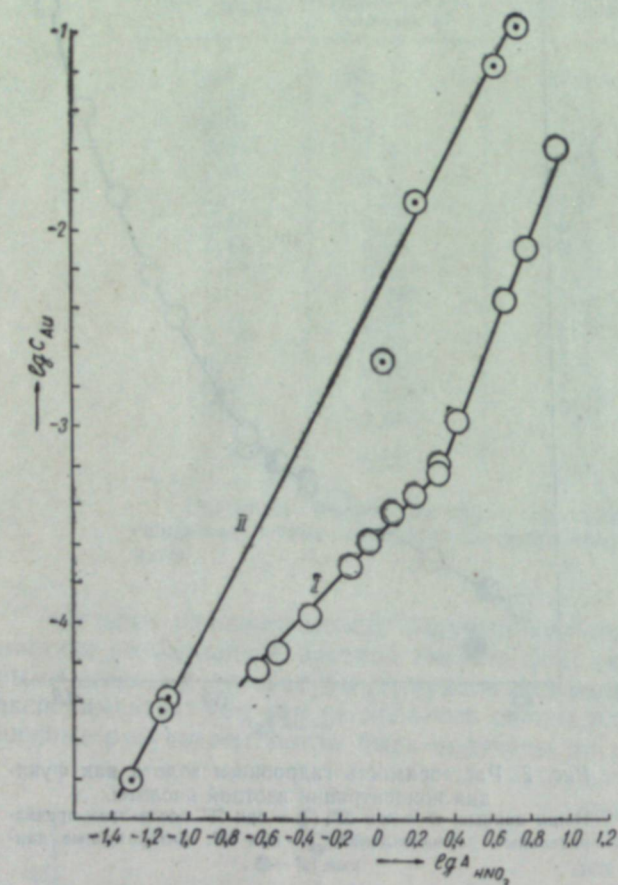
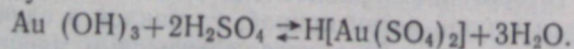


Рис. 3. Растворимость гидроокиси золота как функция от активности кислоты. I — в азотной кислоте, II — в серной кислоте [2].

при малых одинаковых активностях кислот растворимость в серной кислоте заметно выше, чем в азотной. Это положение может быть объяснено только образованием сульфатных комплексов при растворении, которые, очевидно, прочнее нитратных. Прямая растворимости имеет тангенс наклона, равный 1,85, т. е. отвечает предложенному Ирзой и Еллинеком механизму:



Константа этого равновесия, выраженная через активность кислоты, равна  $K=4 \cdot 10^{-3}$ , что, вероятно, на 2—3 порядка выше соответствующей величины для азотной кислоты.

#### Выводы

1. В растворах азотной кислоты не наблюдается области, где бы с достаточной достоверностью можно было говорить о существовании

золота  $3+$  в аква-форме. То же справедливо и для растворов в серной кислоте.

2. Из сказанного выше вытекает, что широко распространенная в литературе величина  $PP$  гидроокиси золота и другие количественные характеристики, рассчитанные на ее основе, ошибочны.

3. Предложенный нами механизм растворения гидроокиси золота в азотной кислоте не может считаться окончательным и требует дополнительной экспериментальной проверки.

Институт неорганической химии  
Сибирского отделения АН СССР  
Новосибирск

Поступила в редакцию  
16/XI 1960

#### ЛИТЕРАТУРА

1. I. Bjerrum, G. Schwarzenbach, L. Sillen, Stability Constants of Metalion Complexes. London, 1958.
2. F. Jirsa, H. J. Jellinek. Z. Elektrochem. Bd. 30. S. 286, 1924.
3. В. М. Латимер. Окислительные состояния элементов и их потенциалы в водных растворах. ИЛ, М., 1954, стр. 198.
4. Н. П. Комарь, Основы качественного химического анализа. Изд. Харьк. ун-та, Харьков, 1955, стр. 379.
5. Бянуэр. Руководство по препаративной неорганической химии. ИЛ, М., 1956, стр. 487.
6. Н. А. Измайлов, Электрохимия растворов. Харьков, 1959.
7. Н. А. С. McKay. Trans. Farad. Soc., vol. 52, №12, p. 1568, 1956.
8. M. Harriot, F. Raoult. Bull. Soc. Chim. Fr. V. 13, p. 260, 1913.
9. Ч. Н. Harned, W. Hamer. J. Am. Chem. Soc. vol. 57, p. 27, 1935.



Т. В. КРАМАРЕВА, В. М. ШУЛЬМАН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТ НЕСТОЙКОСТИ  
КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
ИЗ ОКИСЛЕННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ  
ПОТЕНЦИАЛОВ

Сообщение II

Комплексные соединения цинка с тиомочевиной<sup>1</sup>

Изучение механизма превращения тиомочевинных комплексов цинка в сульфид привело авторов к необходимости оценки прочности этих соединений. Решение поставленной задачи представляло тем больший интерес, что поведение комплексных соединений цинка с тиомочевинной противоречило господствующим представлениям, подвергавшим сомнению существование их в водных растворах. Можно было ожидать, что описанный в предыдущей статье метод определения констант нестойкости комплексных соединений из окислительно-восстановительных потенциалов в системах адденд — окисленная форма адденда окажется удобным для исследования.

Первые указания на существование соединения  $[Zn_2Thio]Cl_2$  мы находим в работе Мали [1]. Розенгейм и Мейер [2], исследовавшие растворимость и электропроводность ряда соединений тяжелых металлов с тиомочевинной, характеризовали дитиокарбамидцинкохлорид как соединение непрочное и полностью диссоциированное на  $Zn^{++}$ ,  $Cl^-$  и  $Thio$  в водных растворах. Того же мнения придерживаются Вальтер и Шторфер [3], изучавшие активность ионов металлов в комплексных соединениях серебра, меди, кадмия и цинка с тиомочевинной. В работе К. Б. Яцимирского и А. А. Асташевой [4] имеются данные о неосаждаемости тиомочевинного комплекса цинка крупными анионами (пикрат-ион, анионы солей Рейнеке и Эрдмана). О. С. Федорова [5] в своей работе по полярографическому исследованию комплексных соединений цинка, висмута и никеля с тиомочевинной приходит к выводу, что в водных растворах цинк с тиомочевинной комплексных соединений не образует.

В этой связи представлялось интересным выяснить, как ведет себя в водных растворах предварительно индивидуализированное соединение  $[Zn_2Thio]Cl_2$ , установить характер некоторых диаграмм «состав — свойство» в системе цинк — тиомочевина, а также дать количественную характеристику прочности комплексного иона.

В настоящей работе применялись методы криоскопии, потенциометрии и растворимости.

<sup>1</sup> Сообщение I опубликовано в № 7 за 1961 г. (Ред).

Исходные вещества

Хлористый цинк. Препарат марки чда.

Тиомочевина. Препарат чда, дважды перекристаллизованный из воды, проверенный йодометрически по Скрамовскому [6]. Использовались препараты с содержанием основного вещества 99,9 и 99,0%.

Основная соль,  $ZnCl_2 \cdot 4Zn(OH)_2$ , полученная неполным осаждением раствора хлористого цинка едким кали [7] с последующей промывкой и высушиванием при  $100^\circ$  до постоянного веса.

Хлористый калий. Препарат квалификации хч, трижды перекристаллизованный.

Дитиокарбамидцинкохлорид. Получен путем растворения при нагревании стехиометрических количеств тиомочевины и  $ZnCl_2$  с последующей кристаллизацией комплекса из охлажденного раствора. После двукратной перекристаллизации соответствие состава синтезированного соединения с теоретическим подтверждалось анализами на цинк, хлор и азот.

Ди-(амино-имино-метил)-дисульфид. Препарат, синтезированный по Прейслеру [8] и проанализированный на содержание основного вещества потенциометрическим титрованием броматом калия ( $99,7 \pm 0,2$ ).

Хлорноокислый натрий. Дважды перекристаллизованный препарат.

Криоскопическое изучение  
системы хлористый цинк — тиомочевина — вода

Исходя из анализа данных названных выше исследований [2—5], можно было ожидать, что комплексообразование между цинком и тиомочевинной, незначительное в области низких концентраций, может проявиться при переходе к относительно концентрированным растворам.

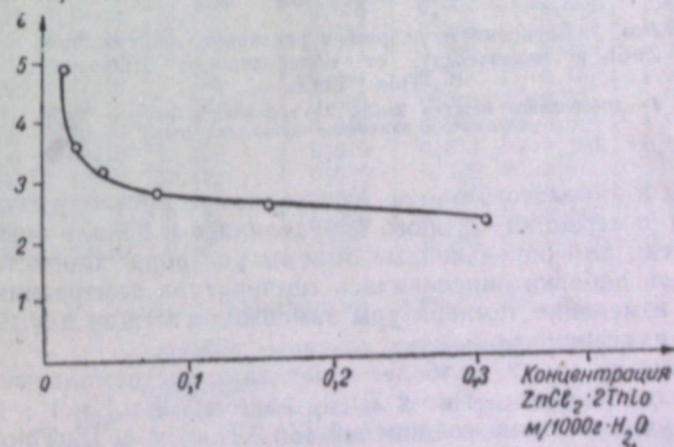


Рис. 1. Зависимость коэффициента Вант-Гоффа от концентрации растворов  $[Zn_2Thio]Cl_2$ .

Возможность очистки препаратов  $[Zn_2Thio]Cl_2$  путем перекристаллизации служила косвенным доказательством обоснованности приведенных соображений. Поэтому представлялось целесообразным прежде всего обратиться к выяснению зависимости коэффициента Вант-Гоффа от кон-



центрации растворов дитиокарбамидцинкохлорида. Результаты приведены на рис. 1.

Как видно из графика, комплекс практически полностью диссоциирует уже при концентрации 0,01 M/1000 г H<sub>2</sub>O. Выше этой концентрации существование комплекса показано вполне убедительно. Поэтому неудивительно, что попытки определения констант нестойкости ионов [Zn Thio]<sup>++</sup> и [Zn 2Thio]<sup>++</sup> в разбавленных растворах не увенчались успехом.

С целью установления состава комплексных соединений, образующихся при взаимодействии ионов цинка и тиомочевина были поставлены опыты, в которых регистрировалось изменение депрессии в растворах Thio и ZnCl<sub>2</sub> в зависимости от изменения молекулярного отношения

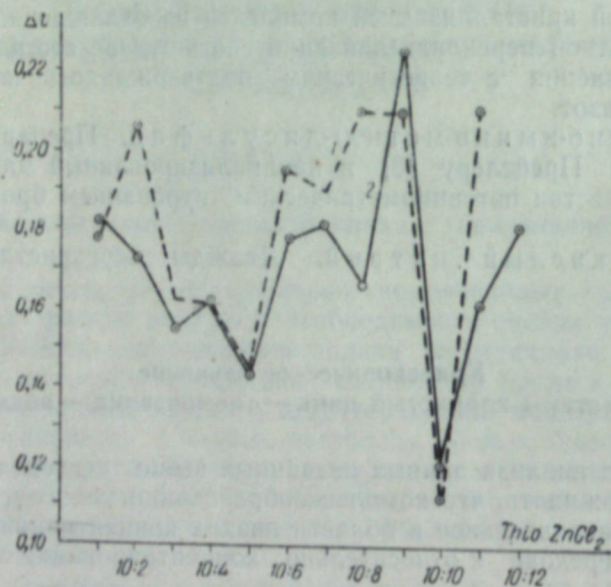


Рис. 2. Зависимость депрессии растворов, содержащих ZnCl<sub>2</sub> и тиомочевину, от молекулярного отношения Thio : ZnCl<sub>2</sub>.

1 — добавлялись навески ZnCl<sub>2</sub>, 2 — добавлялся раствор ZnCl<sub>2</sub> и учитывалось изменение количества воды.

тиомочевина и хлористого цинка. К исходному раствору тиомочевина, температура замерзания которого определялась в начале опыта, добавлялись навески или определенные объемы раствора хлористого цинка. После каждой добавки определялась температура замерзания и вычислялась Δt — изменение температуры замерзания между двумя последовательными измерениями.

Как видно из рис. 2, наиболее отчетливые экстремальные точки соответствуют отношениям Thio к ZnCl<sub>2</sub>, равным 2 : 1 и 1 : 1, что подтверждает существование соединений [Zn 2 Thio]<sup>++</sup> и [ZnThio]<sup>++</sup>.

#### Определение констант нестойкости комплексных соединений цинка с тиомочевинной из окислительно-восстановительных потенциалов системы тиомочевина — ди-(амино-имино-метил)-дисульфид

Методика и способы расчета, использованные в этой серии опытов, описаны в сообщении 1. Ограничимся поэтому лишь указаниями на концентрации веществ в исходных растворах, подвергавшихся титрованию.

Объем титруемого раствора во всех опытах был равен 50 мл.

А (табл. 1, 2)			Б (табл. 3, 4)		
Тиомочевина	1,0 м/л		Тиомочевина	0,5 м/л	
C <sub>2</sub> S <sub>2</sub> N <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	5,10 <sup>-3</sup> м/л		C <sub>2</sub> S <sub>2</sub> N <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	5,10 <sup>-3</sup> м/л	
NaClO <sub>4</sub>	1,8 м/л		NaClO <sub>4</sub>	1,8 м/л	
HClO <sub>4</sub>	0,2 м/л		HClO <sub>4</sub>	0,2 м/л	

Титрование производилось 0,966 молярным раствором хлористого цинка.

Результаты опытов сопоставлены в табл. 1—4 и на рис. 3—5. По результатам опытов, представленных в табл. 3 и 4, вследствие недостаточно высокой начальной концентрации тиомочевина константы нестойкости можно было определить только графическим способом. По данным табл. 1 и 2, константы могли быть вычислены графически и аналитически.

Результаты вычислений констант нестойкости комплексных соединений, образующихся в системе цинк — тиомочевина, приведены в табл. 5.

Как и в расчетах констант нестойкости комплексных соединений

Таблица 1

Функция образования  $\bar{n}$  и вычисляемая из нее величина  $f$  для системы цинк — тиомочевина  
 $E' = 0,3983$  в

V <sub>Zn</sub>	E <sub>h</sub>	C <sub>SS</sub>	C <sub>Zn</sub>	C <sub>Thio</sub>	[Thio]	lg[Thio]	$\bar{n}$	f
1	0,3304	4,90 · 10 <sup>-3</sup>	1,90 · 10 <sup>-2</sup>	0,980	0,952	-0,021	1,47	1,5
2	0,3315	4,81 · 10 <sup>-3</sup>	3,72 · 10 <sup>-2</sup>	0,962	0,882	-0,054	2,16	2,5
4	0,3354	4,63 · 10 <sup>-3</sup>	7,16 · 10 <sup>-2</sup>	0,926	0,754	-0,123	2,40	3,2
6	0,3383	4,46 · 10 <sup>-3</sup>	0,104	0,892	0,669	-0,174	2,14	3,2
10	0,3438	4,17 · 10 <sup>-3</sup>	0,161	0,834	0,524	-0,280	1,93	3,7
12	0,3463	4,03 · 10 <sup>-3</sup>	0,187	0,806	0,467	-0,330	1,81	3,9
14	0,3480	3,91 · 10 <sup>-3</sup>	0,211	0,782	0,432	-0,364	1,66	3,8
16	0,3490	3,79 · 10 <sup>-3</sup>	0,234	0,758	0,408	-0,389	1,49	3,7
18	0,3500	3,68 · 10 <sup>-3</sup>	0,256	0,736	0,388	-0,411	1,40	3,6
20	0,3515	3,57 · 10 <sup>-3</sup>	0,276	0,714	0,360	-0,441	1,28	3,6
22	0,3526	3,47 · 10 <sup>-3</sup>	0,295	0,694	0,341	-0,467	1,20	3,5
25	0,3541	3,33 · 10 <sup>-3</sup>	0,323	0,666	0,315	-0,501	1,08	3,4
28	0,3555	3,20 · 10 <sup>-3</sup>	0,346	0,640	0,292	-0,534	1,01	3,5
31	0,3568	3,08 · 10 <sup>-3</sup>	0,370	0,616	0,273	-0,564	0,928	3,4
37	0,3596	2,87 · 10 <sup>-3</sup>	0,412	0,574	0,236	-0,626	0,820	3,5
40	0,3606	2,78 · 10 <sup>-3</sup>	0,431	0,556	0,226	-0,645	0,765	3,4
45	0,3623	2,63 · 10 <sup>-3</sup>	0,458	0,526	0,204	-0,690	0,703	3,4
50	0,3640	2,50 · 10 <sup>-3</sup>	0,483	0,500	0,187	-0,728	0,648	3,5

Примечание. V<sub>Zn</sub> — объем добавленного раствора Zn, мл;  
E<sub>o</sub>' — реальный потенциал платинового электрода относительно водородного, в;  
C<sub>Zn</sub> — общая концентрация Zn в растворе, м/л;  
C<sub>Thio</sub> — общая концентрация тиомочевина в растворе, м/л;  
E<sub>h</sub> — измеряемый потенциал системы относительно водородного электрода;  
[Thio] — равновесная концентрация тиомочевина, вычисленная по уравнению  $E_h = E_o' + 0,030 \lg \frac{C_{SS}}{[Thio]^2}$ ;  
 $\bar{n}$  — функция образования;  
C<sub>SS</sub> — концентрация ди-(амино-имино-метил)-дисульфида, м/л.  
В табл. 2—4 обозначения те же.



Таблица 2

Функция образования  $\bar{n}$  и вычисляемая из нее величина  $f$   
для системы цинк — тиомочевина  
 $E_0 = 0,4088 \text{ в}$

$V_{Zn}$	$E_h$	$C_{SS}$	$C_{Zn}$	$C_{Thio}$	[Thio]	lg[Thio]	$\bar{n}$	$f$
2	0,3438	$4,81 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-2}$	0,962	0,840	-0,076	3,28	3,9
4	0,3456	$4,63 \cdot 10^{-3}$	$7,16 \cdot 10^{-2}$	0,926	0,770	-0,113	2,18	2,8
6	0,3491	$4,46 \cdot 10^{-3}$	0,104	0,892	0,663	-0,178	2,29	3,5
8	0,3523	$4,32 \cdot 10^{-3}$	0,133	0,863	0,575	-0,240	2,16	3,8
10	0,3543	$4,17 \cdot 10^{-3}$	0,161	0,834	0,523	-0,281	1,93	3,7
12	0,3568	$4,03 \cdot 10^{-3}$	0,187	0,807	0,467	-0,331	1,82	3,9
14	0,3581	$3,91 \cdot 10^{-3}$	0,211	0,782	0,438	-0,358	1,63	3,7
16	0,3587	$3,79 \cdot 10^{-3}$	0,234	0,758	0,421	-0,376	1,44	3,4
18	0,3598	$3,68 \cdot 10^{-3}$	0,256	0,736	0,398	-0,400	1,32	3,3
22	0,3613	$3,47 \cdot 10^{-3}$	0,295	0,694	0,364	-0,439	1,12	3,1
25	0,3623	$3,33 \cdot 10^{-3}$	0,322	0,666	0,342	-0,466	1,01	3,0
31	0,3655	$3,08 \cdot 10^{-3}$	0,370	0,617	0,292	-0,534	0,880	3,0
37	0,3666	$2,87 \cdot 10^{-3}$	0,411	0,575	0,272	-0,565	0,738	2,7
40	0,3676	$2,78 \cdot 10^{-3}$	0,430	0,556	0,258	-0,588	0,694	2,7
45	0,3694	$2,63 \cdot 10^{-3}$	0,457	0,526	0,233	-0,632	0,642	2,8
50	0,3708	$2,50 \cdot 10^{-3}$	0,483	0,500	0,216	-0,666	0,588	2,7
60	0,3740	$2,27 \cdot 10^{-3}$	0,526	0,454	0,181	-0,742	0,519	2,9
70	0,3764	$2,08 \cdot 10^{-3}$	0,563	0,416	0,158	-0,801	0,458	2,9

Таблица 3

Функция образования  $\bar{n}$  и вычисляемая из нее величина  $f$   
для системы цинк — тиомочевина  
 $E_0 = 0,3970 \text{ в}$

$V_{Zn}$	$E_h$	$C_{SS}$	$C_{Zn}$	$C_{Thio}$	[Thio]	lg[Thio]	$\bar{n}$	$f$
2	0,3488	$4,81 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-2}$	0,481	0,442	-0,354	1,050	2,4
4	0,3518	$4,63 \cdot 10^{-3}$	$7,16 \cdot 10^{-2}$	0,463	0,386	-0,414	1,075	2,8
6	0,3543	$4,46 \cdot 10^{-3}$	0,104	0,446	0,346	-0,466	0,963	2,8
8	0,3563	$4,32 \cdot 10^{-3}$	0,133	0,432	0,314	-0,503	0,887	2,8
10	0,3583	$4,17 \cdot 10^{-3}$	0,161	0,417	0,286	-0,544	0,814	2,8
12	0,3603	$4,03 \cdot 10^{-3}$	0,187	0,403	0,260	-0,585	0,765	2,9
14	0,3620	$3,91 \cdot 10^{-3}$	0,211	0,391	0,240	-0,620	0,715	3,0
16	0,3638	$3,79 \cdot 10^{-3}$	0,234	0,379	0,220	-0,658	0,680	3,1
18	0,3648	$3,68 \cdot 10^{-3}$	0,256	0,368	0,209	-0,680	0,621	3,0
20	0,3660	$3,57 \cdot 10^{-3}$	0,276	0,357	0,196	-0,708	0,583	3,0
22	0,3673	$3,47 \cdot 10^{-3}$	0,295	0,347	0,184	-0,736	0,553	3,0
25	0,3690	$3,33 \cdot 10^{-3}$	0,323	0,333	0,169	-0,772	0,508	3,0
28	0,3706	$3,20 \cdot 10^{-3}$	0,346	0,320	0,156	-0,807	0,474	3,0
31	0,3723	$3,08 \cdot 10^{-3}$	0,370	0,308	0,144	-0,842	0,444	3,1
34	0,3736	$2,97 \cdot 10^{-3}$	0,391	0,297	0,134	-0,873	0,417	3,1
37	0,3748	$2,87 \cdot 10^{-3}$	0,412	0,287	0,126	-0,900	0,390	3,1
40	0,3758	$2,78 \cdot 10^{-3}$	0,431	0,278	0,119	-0,924	0,369	3,1
43	0,3770	$2,69 \cdot 10^{-3}$	0,447	0,269	0,112	-0,951	0,351	3,1
46	0,3779	$2,60 \cdot 10^{-3}$	0,464	0,260	0,106	-0,975	0,332	3,1
50	0,3794	$2,50 \cdot 10^{-3}$	0,483	0,250	0,100	-1,000	0,311	3,1

кадмия с тиомочевинной,  $C_{SS}$  принималась постоянной, поскольку и в этом случае вполне можно было пренебречь комплексообразованием между ионами цинка и ди-(амино-имино-метил)-дисульфидом.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что хотя комплексообразование между цинком и тиомочевинной можно считать доказанным,

Таблица 4

Функция образования  $\bar{n}$  и вычисляемая из нее величина  $f$   
для системы цинк — тиомочевина  
 $E_0 = 0,3983 \text{ в}$

$V_{Zn}$	$E_h$	$C_{SS}$	$C_{Zn}$	$C_{Thio}$	[Thio]	lg[Thio]	$\bar{n}$	$f$
2	0,3501	$4,81 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-2}$	0,481	0,442	-0,354	0,105	2,4
4	0,3528	$4,63 \cdot 10^{-3}$	$7,16 \cdot 10^{-2}$	0,463	0,390	-0,409	0,102	2,6
6	0,3553	$4,46 \cdot 10^{-3}$	0,104	0,446	0,348	-0,458	0,943	2,7
8	0,3574	$4,32 \cdot 10^{-3}$	0,133	0,432	0,316	-0,500	0,865	2,7
10	0,3590	$4,17 \cdot 10^{-3}$	0,161	0,417	0,292	-0,534	0,777	2,7
12	0,3608	$4,03 \cdot 10^{-3}$	0,187	0,403	0,270	-0,568	0,711	2,6
14	0,3628	$3,91 \cdot 10^{-3}$	0,211	0,391	0,244	-0,612	0,697	2,9
16	0,3641	$3,79 \cdot 10^{-3}$	0,234	0,379	0,229	-0,640	0,641	2,8
18	0,3655	$3,68 \cdot 10^{-3}$	0,256	0,368	0,222	-0,653	0,570	2,6
20	0,3668	$3,57 \cdot 10^{-3}$	0,276	0,357	0,200	-0,699	0,570	2,9
22	0,3680	$3,47 \cdot 10^{-3}$	0,295	0,347	0,189	-0,723	0,536	2,8
25	0,3696	$3,33 \cdot 10^{-3}$	0,322	0,333	0,174	-0,759	0,498	2,9
28	0,3713	$3,20 \cdot 10^{-3}$	0,346	0,320	0,160	-0,796	0,466	2,9
31	0,3728	$3,08 \cdot 10^{-3}$	0,370	0,308	0,148	-0,830	0,433	2,9
37	0,3753	$2,87 \cdot 10^{-3}$	0,411	0,287	0,130	-0,884	0,385	3,0
40	0,3763	$2,78 \cdot 10^{-3}$	0,430	0,278	0,123	-0,910	0,361	2,9
45	0,3781	$2,63 \cdot 10^{-3}$	0,457	0,263	0,111	-0,954	0,333	3,0
50	0,3798	$2,50 \cdot 10^{-3}$	0,483	0,250	0,102	-0,991	0,307	3,0

однако прочность образуемых ими соединений невелика, что, по-видимому, является причиной большого разброса значений для второй константы устойчивости.

Таблица 5

Константы равновесия комплексных соединений цинка с тиомочевинной

Таблица	Графический метод		Алгебраический метод			
	$\beta_1$	$K_1$	$\beta_1$	$K_1$	$\beta_2$	$K_2$
1	3,5	0,30	3,1	0,32	6,5	0,15
2	3,2	0,31	2,18	0,46	4,3	0,23
3	3,2	0,31				
4	3,2	0,31				
Среднее	3,3		$3,1 \pm 0,05$		5,4	

Что касается первой константы, то полученное значение представляется вполне надежным и свидетельствует в пользу примененного метода, оказавшегося эффективным в случае, когда кондуктометрия и полярография не смогли дать определенных результатов.

**Определение констант нестойкости комплексных соединений цинка с тиомочевинной методом растворимости**

В качестве второго метода, использованного для оценки прочности цинк-тиомочевинных комплексов, было выбрано определение изменения растворимости основного хлорида цинка  $ZnCl_2 \cdot 4Zn(OH)_2$  в растворах тиомочевинной различных концентраций, подобно тому, как это было сделано в работе М. С. Новаковского, Н. Г. Мушкиной и Э. Г. Воробьевой [9]. Отметим, что в названной работе не учитывался гидролиз.



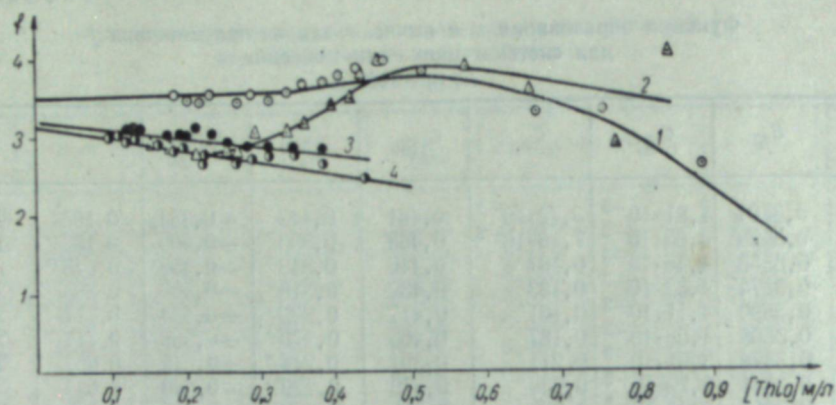


Рис. 3. Графическое определение  $\beta_1$ .  
f по данным: 1 — табл. 1; 2 — табл. 2; 3 — табл. 3; 4 — табл. 4.

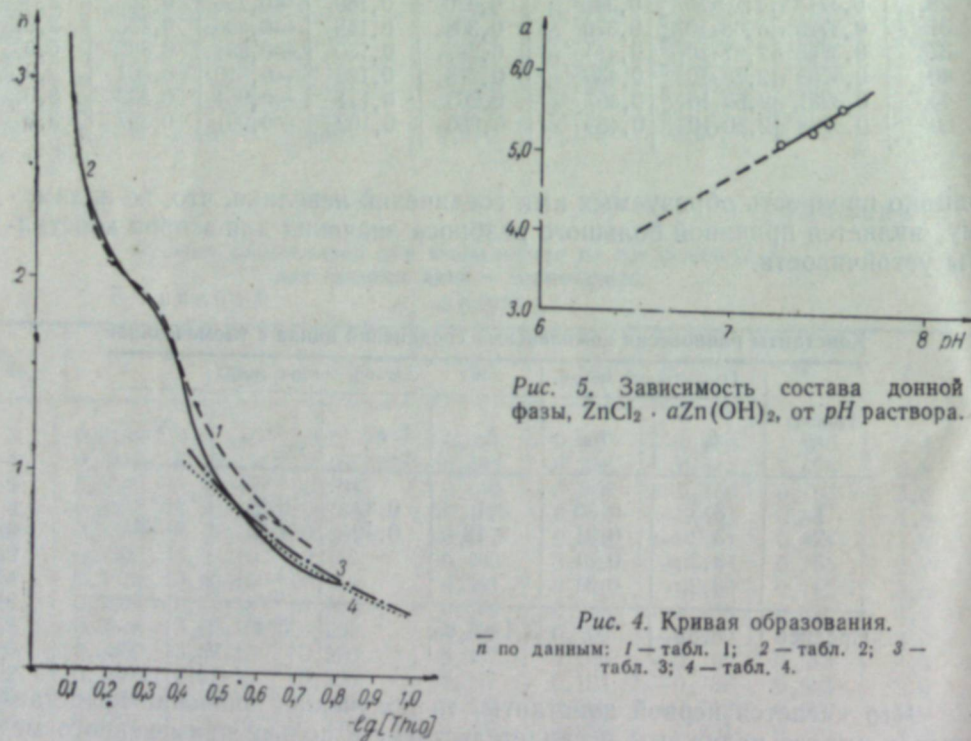


Рис. 4. Кривая образования.  
p по данным: 1 — табл. 1; 2 — табл. 2; 3 — табл. 3; 4 — табл. 4.

в результате которого неизбежно должно было происходить протекающее во времени изменение состава донной фазы. Действительно, уже при промывке свежесаженного препарата происходило изменение стехиометрического соотношения  $Zn(OH)_2 : ZnCl_2 = a$  от 4,0 до 4,4.

Поскольку гидролиз протекал и в процессе установления равновесия насыщения даже в 1,8 молярном растворе KCl, то приходилось обращать особое внимание на изменение состава донной фазы, контролировавшееся анализами. Поэтому некоторые колебания в составе исходного вещества имели второстепенное значение.

Необходимо отметить, что при определениях растворимости  $ZnCl_2 \cdot aZn(OH)_2$  в растворах тиомочевинной высокой концентрации

(0,5—1,0 м/л) изменение состава донной фазы, связанное с комплексообразованием, было значительно большим по сравнению с тем, которое происходило при промывках отобранных проб. Поэтому анализы для этих условий наиболее надежны.

Обращает на себя внимание тот факт, что при повышении концентрации тиомочевинной в растворе происходило относительно большее возрастание  $pH$  по сравнению с возрастанием общей концентрации цинка, что можно объяснить составом растворяющейся соли, содержащей 8  $OH^-$  на 5  $Zn^{++}$ . Поэтому производившееся параллельно с анализами твердой фазы измерение  $pH$  оказалось, в частности, сравнительно более чувствительным средством для установления состава основной соли в области ненадежных анализов. В этой области величина  $a$  определялась путем экстраполяции по кривой  $a-pH$ , изображенной на рис. 5.

Опыты проводились в условиях термостатирования при  $25 \pm 0,1^\circ C$ . Для создания постоянной ионной силы, равной 1,8, использовался KCl. Поскольку скорость установления равновесия насыщения значительно превышала скорость гидролиза твердой фазы, можно было с достаточной степенью приближения считать, что через 30—50 часов от начала опыта раствор приходил в равновесие с осадком. Продолжающийся гидролиз не мог существенно повлиять на изменение состава раствора.

В периодически отбираемых пробах раствора определялась общая концентрация цинка титрованием трилоном B и измерялись значения  $pH$  стеклянным электродом на потенциометре ЛП-5. Результаты опытов приведены в табл. 6 и 7.

Таблица 6

Определение $PP$ основной соли $ZnCl_2 \cdot aZn(OH)_2$				
Время от начала опыта до отбора пробы, час	$pH$	$[Zn^{++}]$	$a$ (из рис. 4)	$PP$
41	6,75	$0,7 \cdot 10^{-3}$	4,2	$2,5 \cdot 10^{-15}$
43	6,86	$0,7 \cdot 10^{-3}$	4,4	$2,9 \cdot 10^{-15}$
38	6,61	$0,7 \cdot 10^{-3}$	4,0	$2,0 \cdot 10^{-15}$
54	6,70	$0,9 \cdot 10^{-3}$	4,1	$3,1 \cdot 10^{-15}$
32	6,94	$0,7 \cdot 10^{-3}$	4,5	$3,5 \cdot 10^{-15}$
22	6,81	$0,8 \cdot 10^{-3}$	4,3	$3,2 \cdot 10^{-15}$
Среднее				$2,9 \cdot 10^{-15}$

$[Zn^{++}]$  — равновесная концентрация цинка;

$C_{Thio}$  — общая концентрация тиомочевинной;

$C_{Zn}$  — общая концентрация цинка;

$\Phi$  — закомплексованность [10];

$$\psi = \frac{\Phi}{[Thio]}$$

В табл. 7 обозначения те же.

Произведение растворимости вычислялось по формуле

$$PP = [Zn^{++}] [OH^-]^{a+1} [Cl^-]^{a+1}, \quad \text{откуда равновесная концентрация цинка} \quad [Zn^{++}] = \frac{PP}{[OH^-]^{a+1} [Cl^-]^{a+1}}$$

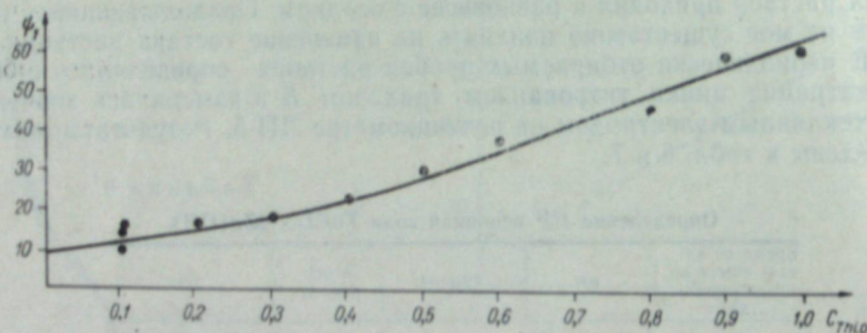
Вычисление константы нестойкости производилось по Ледену (см. [10]), графическим путем по кривой рис. 6  $\beta_1 = 9 \pm 5$ .



Таблица 7

Вычисление закомплексованности из данных по растворимости  
 $ZnCl_2 \cdot aZn(OH)_2$  в растворах тиомочевины

$C_{Thio}$	pH	$C_{Zn}$	$a$ (из рис. 4)	$[Zn^{++}]$	$\Phi$	$\Phi-1$	$\psi_1$
0,1	6,85	$1,8 \cdot 10^{-3}$	4,4	$7,4 \cdot 10^{-4}$	2,43	1,43	14,3
0,1	6,86	$1,4 \cdot 10^{-3}$	4,4	$7,1 \cdot 10^{-4}$	1,98	0,98	9,8
0,1	7,04	$1,2 \cdot 10^{-3}$	4,7	$4,7 \cdot 10^{-4}$	2,56	1,56	15,6
0,2	7,16	$1,6 \cdot 10^{-3}$	4,9	$3,7 \cdot 10^{-4}$	4,33	3,33	16,7
0,3	7,25	$2,1 \cdot 10^{-3}$	5,1	$3,2 \cdot 10^{-4}$	6,57	5,57	18,5
0,4	7,32	$2,7 \cdot 10^{-3}$	5,2	$2,6 \cdot 10^{-4}$	10,4	9,4	23,5
0,5	7,51	$2,7 \cdot 10^{-3}$	5,5	$1,6 \cdot 10^{-4}$	16,8	15,8	31,6
0,6	7,41	$4,9 \cdot 10^{-3}$	5,3	$2,0 \cdot 10^{-4}$	24,5	23,5	39,2
0,7	7,53	$3,3 \cdot 10^{-3}$	5,5	$1,5 \cdot 10^{-4}$	22,0	21,0	30,0
0,8	7,60	$4,5 \cdot 10^{-3}$	5,6	$1,2 \cdot 10^{-4}$	37,6	36,6	45,8
0,9	7,63	$5,8 \cdot 10^{-3}$	5,6	$1,1 \cdot 10^{-4}$	52,7	51,7	57,5
1,0	7,70	$5,6 \cdot 10^{-3}$	5,8	$9,2 \cdot 10^{-5}$	60,2	59,2	59,2

Рис. 6. Графическое определение  $\beta_1$ .

Полученное таким образом значение константы нестойкости  $[Zn Thio]^{++}$  меньше, чем на порядок отличается от значения, определенного методом окислительно-восстановительного титрования.

Резюмируя, следует признать, что значения констант, полученных из результатов опытов, описанных в этом разделе, заслуживают меньшего доверия по сравнению с результатами, вычисленными из окислительно-восстановительных потенциалов. Это объясняется осложнениями, накладываемыми гидролизом на процесс комплексообразования.

### Выводы

Установлено существование комплексных соединений состава  $[Zn Thio]^{++}$  и  $[Zn_2 Thio]^{++}$  методами криоскопии и редокс-потенциометрии. Значения для первой константы, полученные из редокс-потенциометрии и растворимости, совпадают в пределах одного порядка. Обсуждена их сравнительная надежность и сделано заключение о большей достоверности значений констант, вычисленных из потенциометрических определений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Mall. Ber., 9, 172 (1876).
2. Rosenheim, Meyer, Z. anorg. chem., 49, 28 (1906).
3. Walter, Storfer, Monatshefte, 65, 21—81 (1934).
4. К. Б. Яцимирский, А. А. Асташева. ЖФХ, 27, 1539—44 (1953).
5. О. С. Федорова. ЖОХ, 24, 62—64 (1954).
6. St. Skramovsky. Chem. Zentr. 11, 379—380, 1949.
7. Н. В. Аксельруд, В. Б. Спиваковский. ЖНХ, 2, 269 (1958).
8. Preisler, Berger. J. Am. Chem. Soc., 69, 322 (1949).
9. М. С. Новаковский, Н. Г. Мушкина, Э. Г. Воробьева. Уч. зап. Харьковского ун-та, 82 (1957). Хим. фак. НИИ химии, 16, 107—12.
10. К. Б. Яцимирский, В. П. Васильев, Константы нестойкости комплексных соединений. М., 1959, стр. 11—12, 33—39.



Н. И. ПОПОВА, Р. Н. СТУКОВА, В. П. ЛАТЫШЕВ

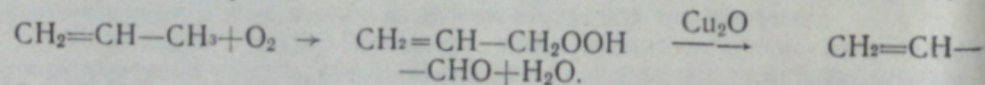
## ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ПРОПИЛЕНА

Сообщение 6

### О взаимоотношении объемных и поверхностных факторов в реакции окисления пропилена в акролеин

Окисление пропилена в акролеин на медных катализаторах обычно проводится при довольно высокой температуре — 330—400°. В этих условиях наряду с каталитическим процессом возможно гомогенное окисление пропилена.

Ленер [1] показал, что интенсивность гомогенного окисления в пустых трубках сильно зависит от их диаметра. Так, в стеклянном реакторе диаметром 35 мм окисление пропилена протекает едва заметно даже при 450°, тогда как в реакторе диаметром 45 мм пропилен интенсивно окисляется уже при 300°. В одной из предыдущих работ [2] эти данные были нами подтверждены, т. е. было установлено, что в реакторе диаметром 20 мм окисление пропилена при 350—370° протекает весьма незначительно. Было также сделано наблюдение, что продукты гомогенного окисления интенсифицируют процесс гетерогенного окисления пропилена над медными катализаторами, значительно повышая выход карбонильных соединений. На основании этого был предположен гомогенно-гетерогенный механизм окисления пропилена в акролеин, согласно которому образующаяся в объеме гидроперекись аллила превращается на катализаторах в акролеин:



С другой стороны, не исключена возможность и гетерогенно-гомогенного механизма окисления пропилена в акролеин, при котором зарождающиеся на катализаторе активные частицы могут инициировать реакцию в объеме.

Нами было детально изучено взаимоотношение гомогенных и гетерогенных стадий окисления пропилена в акролеин, причем в условиях, в которых гомогенная стадия процесса окисления проявляется значительно.

#### Методика эксперимента

В настоящее время для исследования соотношения гомогенных и гетерогенных стадий реакций применяется метод А. А. Ковальского [3]. Он заключается в раздельном калориметрировании реакции в объеме и на поверхности и дает очень точные результаты, но требует довольно сложной аппаратуры.

В настоящем исследовании использовался принцип Владова [4], согласно которому оценка влияния гомогенных факторов на гетерогенный процесс окисления пропилена в акролеин производилась в обычной про-

точной установке в специальных реакторах, форма которых показана на рис. 1, а размеры даны в табл. 1. Обогрев реакторов производился баней из расплавленных селитр.

Во всех опытах окисление велось на медном катализаторе, полученном нанесением  $\text{CuO}$  (0,5% от веса носителя) на силит, при  $T=370\pm 2^\circ$  и соотношении пропилен : кислород — 6,3 : 1. Объемная скорость варьировалась в пределах от 2000 до 6000 л пропилена на 1 л катализа-

Таблица 1

Характеристика широкой части реактора

Диаметр, см	Высота, см	Объем, см <sup>3</sup>	Площадь, см <sup>2</sup>
2,0	15,0	47	94
3,1	13,0	125	126
6,2	6,4	220	124,5
6,3	9,4	340	183,5
7,6	14,5	650	345,0

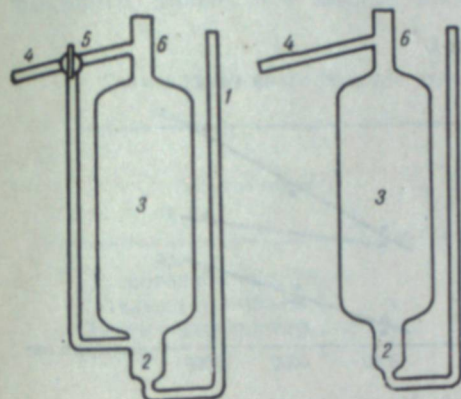


Рис. 1. Схема реакторов.

1 — вводная трубка, 2 — узкая часть (для катализатора), 3 — широкая часть реактора, 4 — отводная трубка, 5 — трехходовый край, 6 — трубка для кармана термометра.

тора в час. Объем катализатора, используемого для опытов, — 10 мл, насыпной вес — 14 г. Карбонильные соединения определялись в виде 2,4-динитрофенилгидразонов, акролеин — полярографически, фазовый анализ катализатора проводился по

Тананаеву. Активность катализатора во всех опытах характеризовалась по съему с литра катализатора в час. В случае проведения опытов по гомогенному окислению пропилена скорости исходных газов соответствовали скоростям в каталитических опытах. Выходы продуктов реакции во всех опытах выражались количеством вещества (карбонильных соединений или акролеина), образующегося за 1 час.

#### Обсуждение результатов

Введение объемных факторов в процесс окисления пропилена на медных катализаторах по-разному влияет на скорости образования карбонильных соединений и акролеина. На рис. 2 и 3 показано изменение выходов карбонильных соединений при проведении трех указанных выше серий опытов окисления пропилена (катализатор, катализатор — объем, объем — катализатор) в реакторе № 3 диаметром широкой части 63 мм и объемом 340 мл. В этом реакторе, как видно из рис. 2, гомогенное окисление развивается в значительной степени. Выход карбонильных соединений при введении объема как до, так и после катализатора (прямые 2 и 3) значительно возрастает по сравнению с выходами карбонильных соединений при проведении чисто гетерогенного окисления (прямая 1). Совпадение прямых 3 и 4 (прямая 4 показывает изменение выходов карбонильных соединений в случае чисто гомогенного окисления пропилена) говорит о том, что при проведении окисления сначала в объеме, затем на катализаторе происходит полное отравление катализатора продуктами гомогенного окисления пропилена, за счет чего выходы карбонильных соединений в обеих сериях опытов совпадают.

Совершенно иной характер носят зависимости изменения выхода акролеина в соответствующих сериях опытов. Как видно из рис. 3, выход



акроленна во всех сериях опытов с участием объема (прямые 2, 3, 4) значительно ниже выходов акроленна при чисто гетерогенном окислении пропилена (прямая 1).

Прямые 3, 4, как и на рис 2, совпали, что говорит об отравлении катализатора и резком снижении его селективности по акролену. Таким образом, при значительном развитии гомогенного окисления до катализатора последний может полностью потерять свою способность катализировать процесс окисления пропилена в акролен.

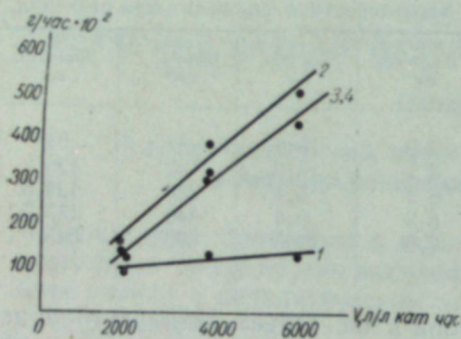


Рис. 2. Изменение выхода карбонильных соединений при окислении пропилена. 1 — обычные условия, 2 — катализатор — объем, 3 — объем — катализатор, 4 — объем.

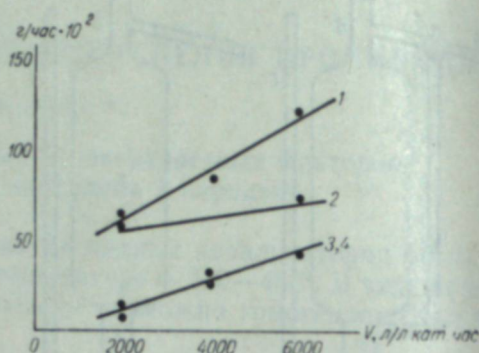


Рис. 3. Изменение выхода акроленна при окислении пропилена. 1 — обычные условия; 2 — катализатор — объем, 3 — объем — катализатор, 4 — объем.

Исследование химического состава катализатора (табл. 2) показывает, что в этом случае катализатор в значительной степени восстанавливается до меди, что, как было показано ранее [5], характеризует обратимое отравление его. Следует отметить, что состав газообразных продуктов реакции также изменяется, так как при участии объема в окислении пропилена всегда появляется окись углерода (табл. 3), которая совершенно не образуется при гетерогенном окислении пропилена на медных катализаторах. Влияние объема, как и следует ожидать из условия развития и обрыва цепей, сильнее проявляется в реакторах с большим диаметром и при большой скорости потока. Как видно из рис. 4 и 5, повышение объемной скорости исходных газов с 2000 л на 1 л катализатора

Таблица 2  
Изменение химического состава медного катализатора при окислении пропилена с участием гомогенных факторов (объем реактора — 430 мл)

Условия опыта	Объемная скорость, л/л кат. час	Состав катализатора, %		
		Cu <sup>+1</sup>	Cu <sup>+2</sup>	Cu
Объем—катализатор . . . . .	2000	51,5	43,4	5,1
Объем—катализатор . . . . .	4000	36,2	47,0	16,8
Объем—катализатор . . . . .	6000	43,8	42,6	13,6
Катализатор—объем . . . . .	2000	44,9	53,3	1,6
Катализатор—объем . . . . .	4000	39,6	60,4	0,0
Катализатор—объем . . . . .	6000	44,70	48,4	6,90

в час (прямые 1, 2, 3) до 6000 (прямые 1', 2', 3') при одинаковых объемах реакторов приводит к значительному увеличению влияния гомогенных факторов — повышению выходов карбонильных соединений и снижению

выхода акроленна. Это говорит о том, что при больших скоростях потока газов, имеющих место при окислении в промышленных установках, влияние объема будет сказываться в значительной мере. Поэтому недооценка влияния объемных факторов приведет к весьма значительному снижению селективности катализатора по акролену.

Данные настоящего исследования позволяют лишь грубо оценить механизм окисления пропилена на медных катализаторах, так как при проведении окисления в обычной проточной установке в реакторах с большим диаметром можно ожидать искажающего влияния обратной

Таблица 3

Состав газов после реакции окисления пропилена в акролен с участием объема

Условия опыта	Скорость газа, л/час	Объем реактора, см³	Состав газа после реакции, объем, %			
			CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Гетерогенное окисление	20,0	—	3,0	8,6	0,0	88,4
Катализатор — объем . . . . .	20,0	340	3,7	1,4	1,6	93,3
Объем — катализатор . . . . .	20,0	340	1,6	1,3	2,1	95,0
Объем . . . . .	20,0	340	1,5	1,5	9,6	87,4

диффузии. Однако из результатов опытов можно предположить, что образование акроленна в процессе окисления пропилена на закиси меди идет гетерогенно, а дальнейшие его превращения — полимеризация и доокисление — по гетерогенно-гомогенному механизму. По-видимому, в данном случае основными причинами влияния объема являются:

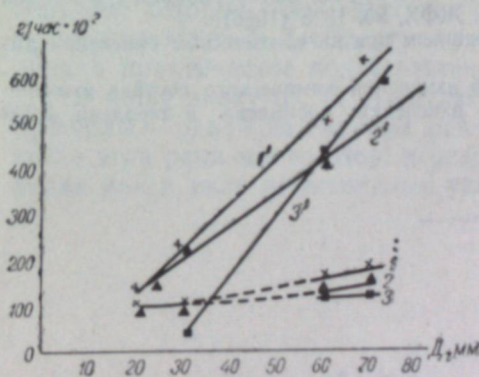


Рис. 4. Изменение выхода карбонильных соединений в зависимости от диаметра широкой части реактора.

× — катализатор — объем, ▲ — объем — катализатор, ■ — объем; 1, 2, 3 — при V = 2000, 1', 2', 3' — при V = 6000.

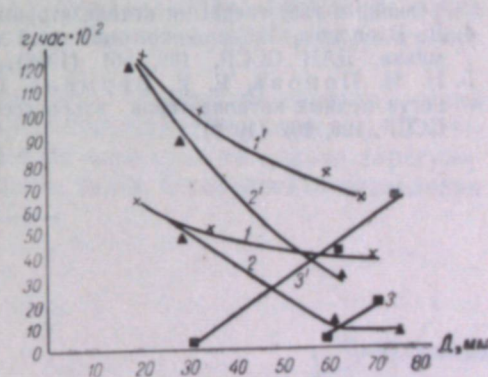


Рис. 5. Изменение выхода акроленна в зависимости от диаметра широкой части реактора.

× — катализатор — объем, ▲ — объем — катализатор, ■ — объем; 1, 2, 3 — при V = 2000, 1', 2', 3' — при V = 6000.

1. Участие продуктов гомогенного окисления пропилена в конкуренции при адсорбции на окислах меди, приводящее к более высокой степени их восстановления по сравнению с условиями чисто гетерогенного окисления пропилена, что сказывается на активности медного катализатора по акролену.

2. Легкость дальнейшего превращения акроленна, как очень реакционноспособного вещества.



## Выводы

1. Показано, что при последовательном протекании сначала гомогенного, затем гетерогенного окисления пропилена происходит обратимое отравление медного катализатора продуктами окисления с резким снижением его активности по акролеину.

2. Установлено, что величина и характер отравления медного катализатора продуктами гомогенного окисления сильно зависят от диаметра реактора и от скорости потока газов.

3. Высказано предположение, что образование акролеина в процессе окисления пропилена происходит гетерогенно, а дальнейшее его превращение — по гетерогенно-гомогенному механизму.

4. Показано, что при обратимом отравлении медного катализатора продуктами гомогенного окисления нарушается стационарность химического состава катализатора, характерная для процесса окисления пропилена в акролеин [5], и наряду с окисью и закисью меди появляется металлическая медь.

Восточно-Сибирский филиал  
Сибирского отделения АН СССР,  
Иркутск

Поступила в редакцию  
27/VI 1960

## ЛИТЕРАТУРА

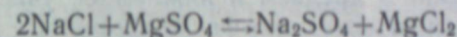
1. S. Lener. J. Am. Chem. Soc., 53, 3737 (1931).
2. Н. И. Попова, В. И. Беляев, Р. Н. Стукова, Изучение процесса каталитического окисления пропилена. Сообщение 1. О влиянии природы различных носителей на процесс окисления пропилена в акролеин над окисномедными катализаторами. Изв. вост. фил. АН СССР, 7, 40 (1957).
3. А. А. Ковальский, М. Л. Богоявленская, Об инициировании гомогенной реакции в газе твердыми катализаторами. ЖФХ, 20, 1325 (1946).
4. Д. Владов, Гетерогенно-гомогенный механизм при каталитическом окислении аммиака. ДАН СССР, 109, 561 (1956).
5. Н. И. Попова, Е. Е. Вермель, Об изменении химического состава и активности медных катализаторов в процессе окисления пропилена в акролеин, ДАН СССР, 126, 102 (1959).

М. Ф. Ляпунов

О ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАПЫ  
ОЗЕРА Б. АЖБУЛАТ

Озеро Б. Ажбулат является одним из крупнейших сульфатно-хлоридных озер Кулундинской степи и имеет важное промышленное значение. Оно расположено в северо-западной части Кулундинской степи на территории Казахской ССР, в Лозовском районе Павлодарской области.

В сравнении с другими сульфатно-хлоридными озерами Кулундинской степи рапа этого озера более обогащена сульфатом натрия, а фигуративная точка ее состава на диаграмме взаимной пары



располагается в поле тенардита, тогда как для большей части других озер фигуративная точка состава рапы на диаграмме помещается в поле галита. Это указывает на возможность образования в оз. Б. Ажбулат тенардита, что отмечалось ранее в ряде работ [1—3]. В связи с этим вопрос о формировании химического состава рапы озера представляет значительный интерес. Ранее А. В. Николаев [4, 5] выдвинул точку зрения, согласно которой речное питание озер обуславливает накопление в них сульфатов. На оз. Б. Ажбулат эта гипотеза была впервые проверена и получила практическое подтверждение.

В нашу эпоху оз. Б. Ажбулат является конечным пунктом стока р. Бурлы — одной из главных рек Кулундинской степи (рис. 1). В бассейне этой реки много озер, в результате чего сток ее сильно зарегулирован как в силу естественных условий, так и в результате возведения

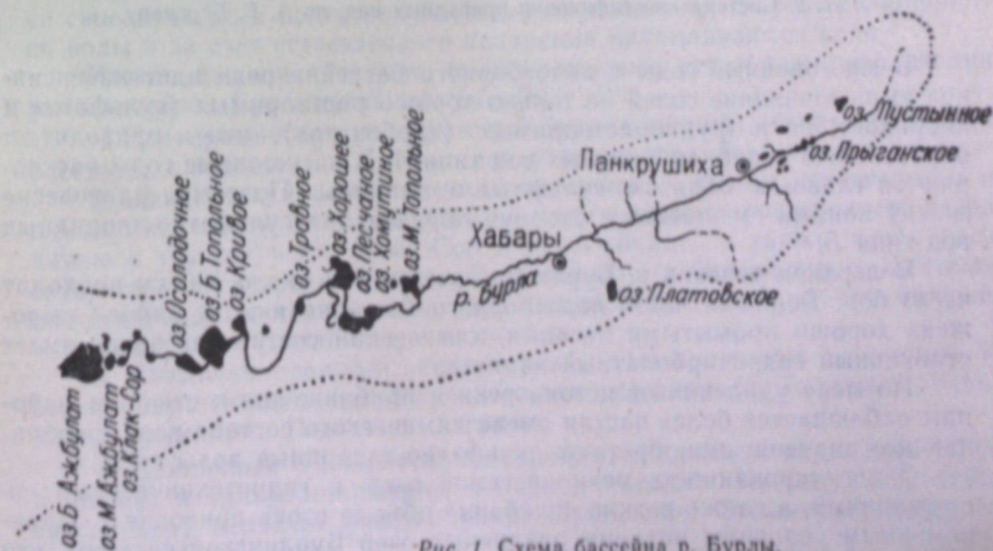


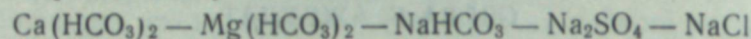
Рис. 1. Схема бассейна р. Бурлы.



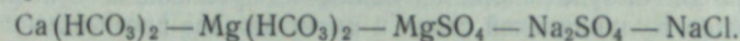
на некоторых озерах (Хорошее, Б. Топольное, Осолодочное) системы плотин.

Особенностью гидрологического режима р. Бурлы является резкая изменчивость ее стока (например, в 1952 г. 8,8 млн. м<sup>3</sup>, в 1957 г. 260 млн. м<sup>3</sup>), определяющая неустойчивость и химический состав вод. Из-за количественных колебаний соотношения между отдельными ионами в разные годы и в разные периоды одного года воды р. Бурлы могут быть отнесены к различным классификационным типам.

Так, по химической классификации природных вод А. Г. Бергмана [6], схематично изображенной на рис. 2, воды р. Бурлы принадлежат главным образом к типу А состава:



или к типу Б состава:



В многоводные годы на большем участке реки (начиная с истока) воды имеют гидрокарбонатный характер, т. е. относятся к типу А по принятой нами классификации. В засушливые годы область распространения гидрокарбонатных вод значительно меньше. Она охватывает лишь верхний участок реки. В среднем и нижнем ее участках в такие годы встречаются главным образом сульфатно-хлоридные воды типа Б.

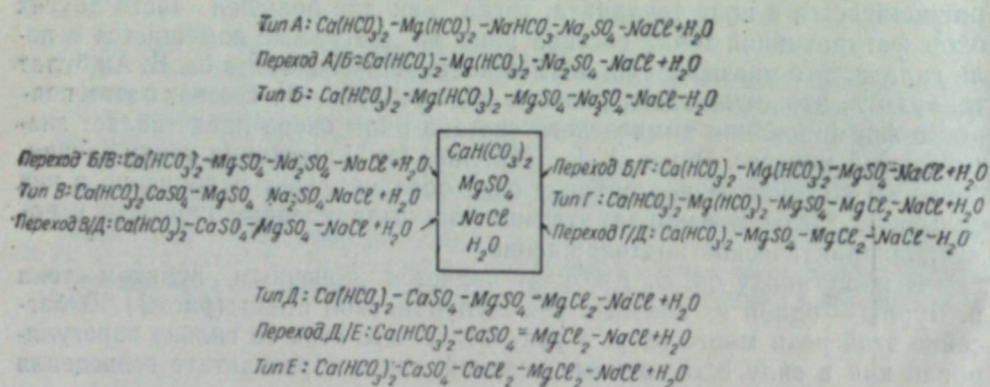


Рис. 2. Система классификации природных вод, по А. Г. Бергману.

В многоводные годы с водосборного бассейна реки идет интенсивное выщелачивание солей не только хорошо растворимых (сульфатов и хлоридов), но и труднорастворимых (карбонатов), что и приводит к образованию гидрокарбонатных вод типа А. В засушливые годы растворяются главным образом сульфаты и хлориды. Поэтому равновесие между ионами смещается в сторону образования сульфатно-хлоридных вод типа Б.

В верхнем течении р. Бурла на протяжении около 100 км проходит через бор. Большая часть водосборного бассейна в этом районе выложена хорошо промытыми песками, химический состав вод здесь имеет стабильный гидрокарбонатный характер.

По мере удаления от истока реки и приближения к степным районам наблюдается более частая смена химического состава вод, преобладающее значение приобретают сульфатно-хлоридные воды типа Б.

Зарегулированность реки системой озер и гидротехническими сооружениями, а также резкие колебания объема стока приводят к неравномерным условиям питания различных озер Бурлинской системы, что

в свою очередь порождает существенные различия в их гидрохимическом режиме.

В табл. 1 приведены данные о химическом составе вод озер Бурлинской системы за ряд лет.

Озера, расположенные в верховье реки (Пустынное, Прыганское), имеют стабильный химический состав. Они, как и воды самой реки, принадлежат к гидрокарбонатному типу А. Преобладающими ионами в водах этих озер являются  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  и  $\text{Mg}^{++}$ . Степень минерализации вод незначительна (до 300 мг/л).

Химический состав вод в озерах, расположенных в среднем участке реки (М. Топольное, Хомутиное, Песчаное, Хорошее, Хорошенок, Кривое и Б. Топольное), менее стабильный, они, в зависимости от степени обводненности озер, принадлежат то к гидрокарбонатным водам типа А, то к сульфатно-хлоридным типа Б. По степени минерализации воды этих озер относятся к слабоминерализованным, а иногда и к минерализованным. Особенно значительные колебания степени минерализации вод наблюдаются в озерах Кривом, Б. Топольном и Осолодочном. В отдельные периоды эти озера высыхают полностью [7]. Полное высыхание озер Кривого и Осолодочного и сильное повышение степени минерализации оз. Б. Топольного наблюдалось нами в 1955 г.

Увеличение стока р. Бурлы, наступившее в последующие годы, привело к тому, что озера Кривое и Б. Топольное вновь стали обводняться, а оз. Осолодочное оставалось сухим еще и в 1959 г. Озера нижнего участка реки (Клак-Сор, Малый и Большой Ажбулат) сильно минерализованы. В периоды стока вод р. Бурлы в эти озера степень их минерализации резко падает, а при отсутствии стока повышается до 28—30% и сопровождается садкой мирабилита, тенардита и галита.

Водами р. Бурлы оз. Б. Ажбулат питается периодически в многоводные годы после обводнения и заполнения озерных котловин вышележащих озер. Наблюдения за озером и стоком р. Бурлы показывают, что такие условия создаются в течение примерно двадцати лет один раз и продолжаются один-два года. В остальные годы воды р. Бурлы до оз. Ажбулат не доходят и задерживаются озерами, лежащими выше. Конечным пунктом стока р. Бурлы в этом случае становится чаще всего озеро Б. Топольное, иногда также оз. Хорошее, Песчаное или Хомутиное.

Таким образом, все озера, лежащие выше оз. Б. Ажбулат, являются своеобразными подготовительными бассейнами, в которых собираются воды и за счет естественного испарения накапливаются соли.

Можно выделить четыре типа изменения степени минерализации воды в озерах Бурлинской системы [8].

1. Непрерывно прогрессирующий (нарастающий), характерный для бессточных водоемов. К этому типу относится оз. Б. Ажбулат.
2. Циклический с многолетним периодом, с одним максимумом и одним минимумом в период. К этому типу относятся прежде всего озера нижнего участка реки: Клак-Сор и М. Ажбулат, а также часть озер среднего участка реки: Кривое, Б. Топольное и Осолодочное. Длительность периода минерализации для каждого из этих озер тем больше, чем дальше оно расположено от истока.
3. Циклично сложный, характерный для проточных водоемов. К этому типу относятся озера среднего участка реки: М. Топольное, Устьянка, Хомутиное, Песчаное, Хорошее.
4. Цикличный с однолетним периодом, с одним максимумом перед паводком и одним минимумом в период паводка. К этому типу относятся озера верхнего участка реки: Пустынное, Стеклоанное, Верхнее, Нижнее и Прыганское.



Химический состав вод озер системы

Наименование озер	Дата	Удельн. вес	CO <sub>3</sub> <sup>*</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>*</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>*</sup>	Cl <sup>'</sup>	Ca <sup>''</sup>	Mg <sup>''</sup>	Na <sup>'</sup>
Пустынное	27.8.55	1,0002	—	1700	нет	—	20,0	16,0	10,0
»	20.7.56	1,0002	следы	158	—	10,0	16	15	19
»	10.8.57	1,00025	—	195	0,5	7,0	33	12	17
Прыганское	27.8.55	1,0004	—	183	20	14	28	19	19
»	10.8.57	1,0002	—	183	10	7	40	12	8
М. Топольное	24.8.55	1,0008	24	213	163	91	31	38	128
»	27.4.56	1,0001	—	122	79	34	17	16	55
»	11.8.57	1,00058	—	268	5	53	41	26	41
Хомутиное	23.8.55	1,0009	30	304	200	123	46	50	165
»	15.8.56	1,0009	24	345	263	179	46	259	225
»	12.8.57	1,0005	—	329	5	109	45	34	81
Песчаное	26.8.55	1,0004	—	183	20	14	28	19	19
»	27.8.56	1,0002	30	384	338	228	37	72	297
»	12.8.57	1,0007	—	286	128	85	39	33	114
Хорошее	23.8.55	1,00015	42	438	295	310	40	81	340
»	28.4.56	1,0005	12	256	158	151	28	39	173
Хорошенок	23.8.55	1,0054	119	558	1627	2300	68	467	1610
»	13.8.57	1,0013	24	408	349	354	41	94	329
Кривое	23.8.55	Озеро полностью высохло, на дне корка солей.							
»	16.8.57	1,0015	—	420	449	347	83	87	338
Б. Топольное	15.8.55	1,0072	226	800	2184	2550	15	476	2254
»	15.5.56	1,0058	153	619	1794	2142	13	381	1865
»	1.1.57	1,0558	1028	1929	21254	23335	16	3528	20133
»	1.2.57	1,0354	920	2089	14185	14589	26	2453	13076
»	1.3.57	1,0564	1034	1700	2069	2253	15	3448	1940
Состав выражен									
М. Ажбулат	5.8.55	1,192	0,055	0,11	9,24	5,11	0,055	0,65	6,58
»	57	1,2680	0,006	0,082	9,26	7,73	0,0147	1,02	7,54
»	5.8.55	1,2552	—	—	10,44	7,83	—	0,86	8,52
»	23.7.56	1,257	—	0,11	9,74	8,53	0,011	0,913	8,50
»	31.7.57	—	—	0,081	7,94	11,77	0,007	1,27	9,03

В целях установления закономерностей изменения химического состава воды р. Бурлы при испарении нами был проведен соответствующий опыт в лабораторных изотермических условиях при 25°С. Испарение 29 л воды, взятой из р. Бурлы у с. Хабары 12/VI 1957 г., проводилось в стеклянном кристаллизаторе в термостатной комнате. По мере испарения воды отбирались пробы на химический анализ (табл. 2).

Как видно из табл. 2, концентрирование бурлинской воды при изотермических условиях характеризуется следующими изменениями химического состава воды. Концентрация иона Ca<sup>''</sup> первоначально резко возрастает с 50 до 209 мг/л, а затем понижается до 34 мг/л. При выражении сухого остатка в эквивалент-процентах обнаруживается, что на протяжении всего периода испарения идет убыль иона кальция, начиная с 23,6 до 0,3 экв. %.

Аналогичные изменения наблюдаются относительно иона HCO<sub>3</sub><sup>\*</sup>. Эквивалент-процент HCO<sub>3</sub><sup>\*</sup> в сухом остатке уменьшается с 41,9 до 0,5. Эти изменения свидетельствуют о выпадении из раствора хемогенных осадков CaCO<sub>3</sub>.

Таблица 1

р. Бурлы мг/л (данные М. Ф. Ляпунова)

Сухой остаток	CaCO <sub>3</sub>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Σ сол	Принадл. к классу
196,0	—	81,0	96,0	—	—	39,0	—	—	216	А
196	—	65	90	—	—	47	—	16	218	А
194	—	133	72	—	—	48	0,7	11	264	А
217	—	113	114	—	—	4	29	23	283	А
234	—	162	72	—	—	1	14	11	260	А
555	40	60	201	24	—	—	213	150	688	Б
248	—	69	84	10	—	—	104	56	323	Б
445	—	166	156	—	—	18	7	87	434	А
795	50	105	270	25	—	—	266	202	918	Б
1015	40	121	304	45	—	—	339	295	1341	Б
555	—	182	204	—	—	30	7	170	603	А
212	—	113	114	—	—	4	29	23	281	А
1256	50	69	398	30	—	—	464	375	1386	Б
576	—	157	201	—	—	25	183	140	689	А
1340	70	48	482	5	—	—	430	511	1546	Б
663	20	81	234	—	—	76	321	249	1023	А
6568	170	MgCO <sub>3</sub>	669	1727	—	—	368	3791	6749	Б
1474	40	101	398	138	—	—	309	583	1569	Б
развеваемых ветром										
1559	—	336	200	267	—	—	349	572	1724	Б
8185	37	MgCO <sub>3</sub>	958	1163	—	—	1853	4204	8501	Б
6785	33	286	742	1001	—	—	1471	3531	6971	Б
71249	40	MgCO <sub>3</sub>	2313	13553	—	—	15437	38470	71224	Б
48312	65	193	2505	8316	—	—	11163	24050	47338	Б
69390	37	1411	2039	1336	—	—	14830	37139	68230	Б
в %										
21,95	0,012	MgCO <sub>3</sub>	0,13	3,02	—	—	10,10	8,42	21,75	Б
25,47	0,015	0,067	0,077	4,99	—	—	7,17	12,82	25,09	Б
28,23	—	0,024	—	—	—	—	—	—	27,87	Б
27,86	—	0,04	0,09	4,43	—	—	9,18	14,06	27,80	Б
30,13	—	0,028	0,07	6,27	—	—	4,34	19,40	30,10	Б

Концентрация иона магния все время возрастает, тогда как при выражении состава в эквивалент-процентах сухого остатка содержание его остается почти без изменения. Таким образом, при концентрировании раствора ион магния также выпадает из раствора в твердую фазу в виде карбонатов, но в гораздо меньшей степени, чем ион кальция.

Концентрация ионов SO<sub>4</sub><sup>\*</sup> и Cl<sup>'</sup> по мере концентрирования раствора все время возрастает. В процент-эквивалентном соотношении количество сухого остатка также увеличивается, но если за период испарения концентрация хлора в эквивалент-процентном соотношении возросла в 2,04 раза, то концентрация сульфат-иона возросла в 1,53 раза. Это указывает на то, что в процессе концентрирования бурлинской воды идет частичное десульфатирование раствора за счет выпадения гипса.

Описанные выше изменения химического состава бурлинской воды при концентрировании раствора за счет испарения хорошо характеризуются графиком, приведенным на рис. 3.

В табл. 2 приведены значения коэффициента десульфатирования раствора, характеризующего собой, какое количество сульфат-иона



Таблица 2

Объект исследования	Изменение химического состава воды р. Бурлы при изотермическом испарении при 25°				Исходная вода в точке № 1				Исходная вода в точке № 2				Исходная вода в точке № 3				Исходная вода в точке № 4																
	Измение объема воды в % от исх.	Ca	Mg	Na	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ сол.	Ca	Mg	Na	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ сол.	Ca	Mg	Na	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ сол.	Ca	Mg	Na	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ сол.
Исходная вода в точке № 1	100	50,0	41,0	151	—	316	221	92	871	23,6	32,5	25,16	41,9	37,2	21	266	900	0,774	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
№ 2	24,1	209,0	155,0	550	126	714	890	447	3089	22,2	32,0	50,9	34,0	39,4	26,8	74350	1,88	0,689	1,27	16,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
№ 3	3,79	52,0	502	1918	139	676	3124	1667	8078	2,0	32,4	65,6	11,72	49,3	35,6	21060	2,02	0,722	1,69	21,82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
№ 4	1,98	34,0	1149	4730	—	—	8213	4645	18771	0,3	31,3	68,7	0,5	57,0	43,0	18457	2,20	0,754	2,04	24,91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

2. Рапа оз. Б. Ажбулат 22—7—52 (при отсутствии донных отложений в озере), концентрация, г/л

Объект исследования	Изменение химического состава воды р. Бурлы при изотермическом испарении при 25°				Исходная вода в точке № 1				Исходная вода в точке № 2				Исходная вода в точке № 3																			
	Измение объема воды в % от исх.	Ca	Mg	Na	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ сол.	Ca	Mg	Na	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ сол.															
Рапа оз. Б. Ажбулат точка № 5	0,2	0,455	4,73	42,75	0,296	0,729	74,29	45,94	181,4	1,0	16,0	82,1	0,416	53,97	45,8	1856	5,13	0,674	2,18	33,47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 3

Наименование озера, из которых взяты пробы	Дата	Удельн. вес	Химический состав вод озер системы р. Бурлы						Экв. %							
			Ca	Mg	Na	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ сол.	Ca	Mg	Na	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
Пустынное	27.8.55	1,0002	20	16	10	—	170	216	36,32	47,88	15,79	100	—	10,93	—	—
Прыганское	27.8.57	1,0004	28	19	19	—	183	217	36,9	41,27	21,82	78,7	—	10,93	—	—
Песчаное	26.8.55	1,0004	28	19	19	—	183	281	36,9	41,27	21,82	78,7	—	10,93	—	—
Б. Топольное	31.8.51	—	70	80	210	—	400	1240	18	34,6	48	35	—	11	—	—
Осолодочное	август 1932	1,0112	11	76	316	39	66	1234	2,77	30,4	66,6	11	—	31,6	—	—
Клак-Сор	30.7.33	1,171	16	735	62200	62	276	200289	0,61	18,38	81,72	0,1	—	47,7	—	—
М. Ажбулат	—	—	10	915	86250	296	323	203395	0,1	17,2	82,0	0,1	—	48,5	—	—
Б. Ажбулат	24.7.52	—	455	4730	42750	—	729	171290	1,0	16,0	82,1	0,4	—	53,97	—	—

в эквивалент-процентах перешло в осадок. Коэффициент десульфатирования определялся по формуле:

$$\frac{\text{экв. \% Cl}_k}{\text{экв. \% Cl}_n} \frac{\text{экв. \% SO}_{4k}}{\text{экв. \% SO}_{4n}}$$

где  $k$  — конечная концентрация  $\text{SO}_4$  и  $\text{Cl}$  в эквивалент-процентах,  $n$  — то же, начальная.

При сопоставлении состава бурлинской воды на различных стадиях ее концентрирования с составом ажбулатской рапы (см. табл. 2) бросается в глаза, что соотношение  $\frac{\text{экв. \% Na}}{\text{экв. \% Mg}}$  для рапы оз.

Ажбулат, равное 5,13, значительно больше, чем для концентрированных растворов бурлинской воды, хотя по мере концентрирования раствора наблюдается тенденция к его росту. В то же время соотношение  $\frac{\text{экв. \% Cl}}{\text{экв. \% SO}_4}$  для концентрированных растворов бурлинской воды значительно выше, чем для ажбулатской рапы (0,674).

Эти различия свидетельствуют об участии в процессе формирования химического состава ажбулатской рапы, кроме концентрирования за счет естественного испарения, каких-то других процессов, которые приводят к некоторому обогащению конечных растворов сульфатом натрия. Такими процессами могут быть процессы метаморфизации бурлинской воды. Для определения основных направлений метаморфизации бурлинской воды и генезиса ажбулатской рапы мы воспользовались геометрическим методом физико-химического анализа, принципы применения которого к области гидрохимии были предложены и разработаны С. А. Дуровым [9].

В табл. 3 приведен химический состав вод главнейших озер бурлинской системы. На рис. 4 графически изображено местоположение фигуративных точек состава вод этих озер на двоянной треугольной диаграмме С. А. Дурова.

Как видно из диаграммы, чем дальше озеро отстоит от истока р. Бурлы и чем выше степень минерализации его вод, тем ниже на диаграмме располагается фигуративная точка состава воды. Первоначально движение фигуративной точки состава в солевом квадрате направлено в сторону вершины угла  $\text{NaCl}$ , а затем, начиная с озер Осолодочного и Топольного, направление движения фигуративной точки состава резко меняется в сторону вершины угла  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Это указывает на то, что в названных озерах проявляется какой-то новый процесс, отличный от нормального эволюционного хода повышения степени минерализации бурлинской воды при концентрировании за счет испарения.

Процесс концентрирования основных типов вод, встречающихся в бассейне р. Бурлы, за счет естественного испарения схематично может быть охарактеризован следующими уравнениями:

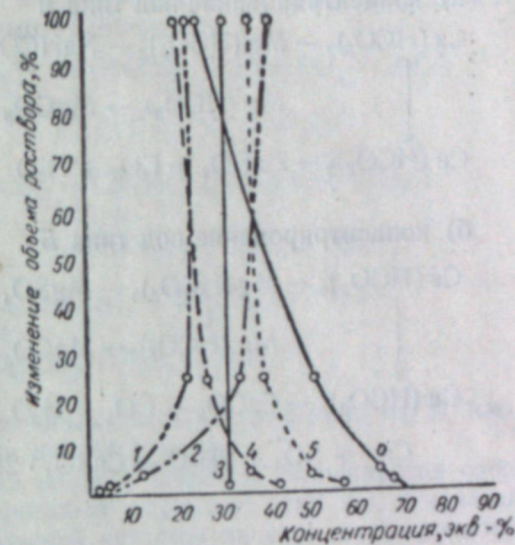
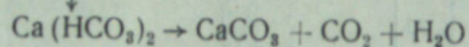
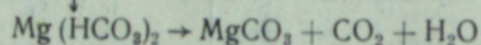
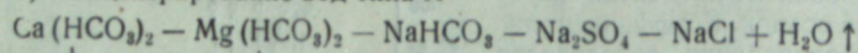


Рис. 3. Изменение состава сухого остатка раствора в эквивалент-процентах при изотермическом испарении вод р. Бурлы: 1 — Ca; 2 — HCO<sub>3</sub>; 3 — Mg; 4 — Cl; 5 — SO<sub>4</sub>; 6 — Na.



а) концентрирование вод типа А



б) концентрирование вод типа Б

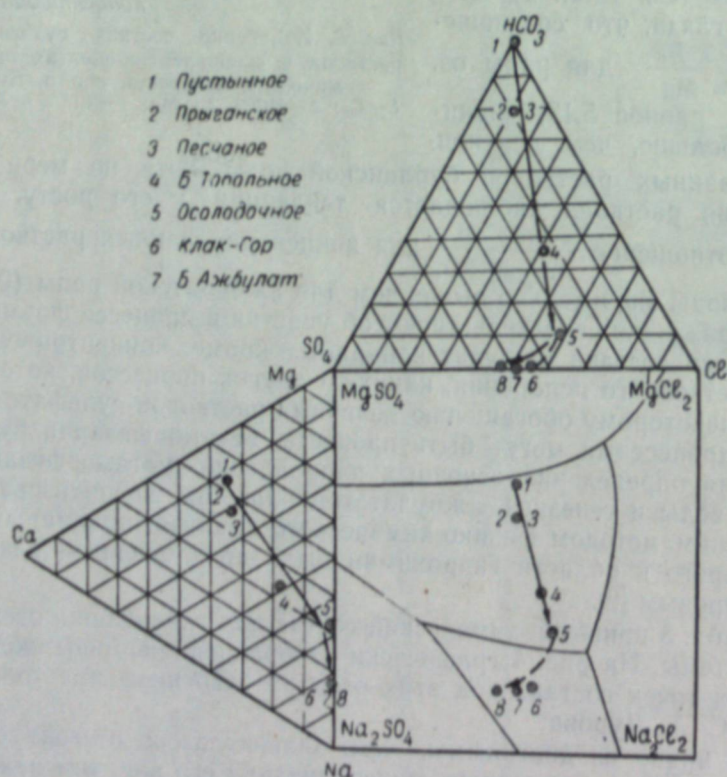
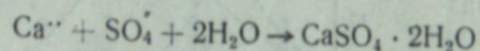
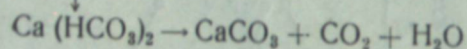
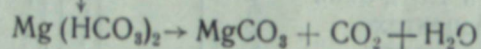
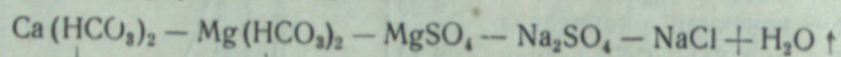


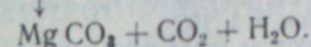
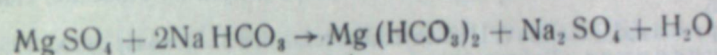
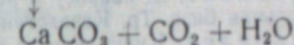
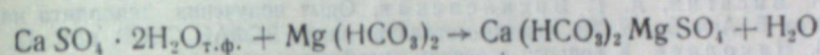
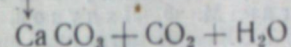
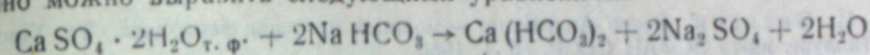
Рис. 4. Распределение химического состава вод озер системы р. Бурлы на двоянной треугольной диаграмме С. А. Дурова.

Согласно этим уравнениям в процессе концентрирования вод типа А идет образование хемогенных осадков карбонатов кальция и магния.

При концентрировании вод типа Б образуются хемогенные осадки не только карбонатов кальция и магния, но и гипса.

Однако наряду с этими процессами при обводнении озер среднего и нижнего участка реки в многоводные периоды, когда воды Бурлы приобретают характер типа А, т. е. являются гидрокарбонатными, в этих

озерах могут протекать процессы метаморфизации вод, которые схематично можно выразить следующими уравнениями:



Таким образом, формирование химического состава рапы оз. Б. Ажбулат сопровождается процессами двоякого рода.

В засушливые периоды, когда воды р. Бурлы и большинства озер ее системы имеют сульфатно-хлоридный характер (тип Б), эти воды концентрируются в озерах Бурлинской системы за счет естественного испарения, причем в донные отложения озер выпадают хемогенные осадки карбонатов кальция и магния, а также гипс.

Выпадение гипса из вод озер нижнего участка р. Бурлы — легко наблюдаемое явление, гипс обнаруживается в виде отдельных кристаллов в солях озер Клак-Сор и М. Ажбулат. В пробах воды оз. Б. Топальное, отобранных для анализа 1/1 1957 г., 1/II 1957 г. и 1/III 1957 г., на дне бутылок через некоторое время были замечены кристаллы гипса. Химический состав этих вод приведен в табл. 1.

В многоводные периоды, когда воды р. Бурлы являются гидрокарбонатными (тип А), они доходят до озер среднего и нижнего участков. В это время происходят процессы декарбонизации вод и разложения гипсовых отложений, что приводит к обогащению вод сульфатом натрия.

### Выводы

1. Рапа оз. Б. Ажбулат генетически является производной от вод р. Бурлы.

2. Основными процессами, приводящими к образованию ажбулатской рапы, являются процессы концентрирования вод р. Бурлы за счет естественного испарения в многочисленных озерах Бурлинской системы и процессы метаморфизации гидрокарбонатных вод за счет взаимодействия их с гипсовыми отложениями, образующимися в озерах нижнего и среднего участков реки.

Гидрокарбонатные воды р. Бурлы образуются в верхнем участке реки и доходят до озер нижнего участка только в многоводные периоды. В засушливые периоды в бассейне р. Бурлы образуются главным образом сульфатно-хлоридные воды, концентрирование которых за счет испарения в озерах Бурлинской системы и приводит к образованию хемогенных осадков гипса в озерах нижнего участка реки.

3. Весьма важную роль в этих последовательно протекающих процессах играют орографические особенности бассейна р. Бурлы — наличие в ее системе более двадцати озер различной степени проточности и водообмена.

Химико-металлургический институт  
Сибирского отделения АН СССР  
Новосибирск

Поступила в редакцию  
26/V 1960



## ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Висягин, Озеро Анж-Булат — мощный источник тенардита. Тр. Химико-металлург. ин-та ЗСФАН СССР, сб. 1, 1950.
2. Н. И. Висягин, М. Ф. Ляпунов, Изотермическое испарение рапы оз. Б. Анж-Булат при 25°. Тр. Химико-металлург. ин-та ЗСФАН СССР, вып. 12, 1958.
3. Н. И. Висягин, А. Г. Василевская, Опыт получения тенардита на базе рапы оз. Б. Анж-Булат. Тр. Химико-металлург. ин-та ЗСФАН СССР, вып. 12, 1958.
4. А. В. Николаев, К вопросу о речном сульфатном накоплении. Сб. Караганда — третья угольная база. Тр. Казахстанской базы АН СССР, вып. 3, 1936, стр. 277.
5. А. В. Николаев, Кулундинские соляные озера и пути их освоения. Новосибирск, ОГИЗ, 1935.
6. А. Г. Бергман, Докл. на VIII гидрохимическ. конф. Новочеркасск, 1954.
7. А. В. Шнитников, Внутривековые колебания уровня степных озер. Тр. Лаборатории озероведения, т. 1, 1950.
8. Н. М. Бочков, Водная среда и изменение ее качества при регулировании стока как фактор водохозяйственного расчета. Тр. I совещ. по регулированию стока, 1946.
9. С. А. Дуров, Геометрический метод в гидрохимии. Ростовское кн. изд-во, 1959.

Б. Ф. БЕЛЫШЕВ

ЗООГЕОГРАФИЯ ВЕРХНЕГО ПРИОБЬЯ  
НА ОСНОВАНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СТРЕКОЗ  
(*ODONATA, INSECTA*)

## Введение

После того как нами были выяснены<sup>1</sup> общие принципы распространения стрекоз в Палеарктике, установлена граница этой области, ее основные подразделения и дана схема зоогеографического деления Сибири, мы считаем возможным перейти к региональной зоогеографии, т. е. к тщательному рассмотрению фаун отдельных территорий, и на основании этого к установлению элементарных зоогеографических подразделений — участков.

Изучение региональных площадей начинается с анализа фауны Верхнего Приобья, так как эта территория наиболее изучена во всей Сибири, а пожалуй, и вообще в нашей стране.

Более 15 лет автор посвятил изучению фауны стрекоз этой территории, что позволило накопить громадный фактический материал.

Под Верхним Приобьем мы понимаем громадную площадь от истоков слагающих р. Обь рек Бии и Катунь до устья р. Вах. Сюда же относятся Кулундинская степь и Барабинская лесостепь с их внутренней гидрографической сетью.

Совершенно естественно, что мы не могли исключить из анализа и те территории, которые принадлежат бассейну других рек, но явно тяготеют к рассматриваемой площади, например участки, где протекают р. Омь или вершина р. Абакан, глубоко вдающиеся в территорию Приобья.

Площадь, охваченная нашими исследованиями, показана на рис. 1. В методическом отношении в наших работах в основу кладется распространение видов или видовых комплексов.



Рис. 1. Схема распределения одонтологических работ в Приобье.  
x — места работ автора; o — других исследователей.

<sup>1</sup> Б. Ф. Бельшев, Основные подразделения Палеарктической области на основании распространения стрекоз (*Odonata, Insecta*). Изв. СО АН СССР, № 10, 1960.



Список и распространение видов стрекоз  
по территории Верхнего Приобья

Когда мы говорим о распределении видов по территории, это означает, что они привязываются к какой-то площади. При редко разбросан-

Таблица 1

Виды	Территория									
	Равнина							Горы		
	тайга		лесостепь					тайга	лесостепь	
обь-ир-тышская	обь-ени-сейская	Барабинская	Кузнецкая	Кулундинская	Причумашская	Приалтайская	алтайско-кузнецкая	Катунь-Чарышск.		
<i>Libellula quadrimaculata</i> L.	x	x	Мн	x	Мн	Мн	Мн	Мл	Мл	
<i>Leucorrhinia albifrons</i> Burm.	—	—	—	—	x <sup>2</sup>	Мн <sup>2</sup>	—	Мл <sup>1</sup>	—	
» <i>dubia</i> Lind.	x	x	?	x	?	Мл	?	—	Мл	
» <i>orientalis</i> Selys.	—	—	—	—	—	—	—	Мн	x <sup>7</sup>	
» <i>rubicunda</i> L.	x	x	x	?	Мн	Мн	?	Мн	x	
» <i>pectoralis</i> Charp.	—	—	Мн	—	Мн	x	x	x	?	
» <i>caudalis</i> Charp.	—	—	—	—	Ед	Мн <sup>2</sup>	Ед	—	—	
<i>Sympetrum pedemontanum</i> All.	x <sup>6</sup>	—	?	x	—	Мн	Мн	?	—	
» <i>flaveolum</i> L.	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
» <i>vulgatum</i> L.	x <sup>6</sup>	?	x	x	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
» <i>sanguineum</i> Müll.	x <sup>6</sup>	x <sup>6</sup>	x	x	Мн	Мн	Мн	—	Мн	
» <i>scoticum</i> Don.	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
» <i>meridionale</i> Selys.	Ед?	—	—	Ед?	—	—	Ед	—	—	
<i>Orthetrum cancellatum</i> L.	—	—	—	—	Мн <sup>2</sup>	—	Мн <sup>2</sup>	—	—	
<i>Epithea bimaculata</i> Charp.	x	?	x	—	Мн	—	Мл	—	—	
<i>Somatochlora metallica</i> Lind.	x	?	x	?	Мл	Мн	Мн	x	?	
» <i>flavomaculata</i> Lind.	x <sup>6</sup>	—	?	—	Мл	Мл	Мл	Мл	—	
» <i>arctica</i> Zett.	Мн	Мн	—	—	—	—	—	—	—	
» <i>alpestris</i> Selys.	Ед.	?	—	—	—	—	?	—	—	
» <i>graeseri</i> Selys.	—	x	—	—	—	—	—	Мл	Мл	
<i>Cordulia aenea</i> L.	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
<i>Macromia sibirica</i> Djak.	—	x	—	x	—	—	—	Мл	Мн	
<i>Aeschna squamata</i> Müll.	Ед	x	x	—	—	—	—	Ед	—	
» <i>crenata</i> Hag.	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
» <i>serrata</i> Hag.	—	x?	x	—	Мн	—	Ед	—	—	
» <i>junceae</i> L.	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
» <i>subarctica</i> Walk.	x	x	—	—	—	x	—	x	—	
» <i>affinis</i> Lind.	—	—	—	—	—	—	Мл	—	—	
» <i>coluberculus</i> Harr.	—	—	x	—	Мл	—	Мл	—	—	
» <i>viridis</i> Ever.	Мл	?	Мл	?	?	Мл	Мл	—	—	
» <i>grandis</i> L.	Мн	Мл	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
<i>Onychnogomphus raptus</i> Selys.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
» <i>forcipatus</i> L.	—	—	Ед?	—	—	—	—	—	—	
<i>Ophiogomphus cecilia</i> Four.	Мл <sup>6</sup>	Мл <sup>6</sup>	Мл	?	Ед <sup>8</sup>	?	Мл	—	Мл	
<i>Gomphus vulgatissimus</i> L.	—	—	x <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	
» <i>flavipes</i> Charp.	Мл <sup>6</sup>	—	Мл	—	Мл	Мл	Мл	—	—	
» <i>epophthalmus</i> Selys.	—	—	Ед	?	—	—	—	?	—	
<i>Nihonogomphus heterostylus</i> Bart.	—	—	—	x	—	—	—	x	Ед <sup>4</sup>	
<i>Calopteryx virgo</i> L.	Мл <sup>6</sup>	Мл <sup>6</sup>	x	—	—	—	Мл	Мл	—	
» <i>splendens</i> Harr.	Мн <sup>6</sup>	x <sup>6</sup>	Мл	Мн	Мл	Мн	Мн	—	Мл	
<i>Lestes macrostigma</i> Ever.	—	—	—	—	Мн	—	Ед <sup>5</sup>	—	—	
» <i>dryas</i> Kirby.	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
» <i>sponsa</i> Hans.	Мн	Мн	М	?	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
» <i>barbata</i> Fabr.	—	—	Мл	Мл	Мн	Мн	Мн	Мл	Мл	
» <i>viridis</i> Charp.	Мл <sup>6</sup>	—	Мн	?	?	Мн	Мн	—	Мл	
<i>Sympycna braveri</i> Bianchi	Мн <sup>6</sup>	?	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
<i>Nehalennia speciosa</i> Charp.	—	—	Мл <sup>10</sup>	—	—	Мн <sup>2</sup>	—	Мл	—	
<i>Erythromma najas</i> Hans.	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
<i>Enallagma cyathigerum</i> Charp.	Мн	Мн	Мн	?	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	
<i>Ischnura elegans</i> Lind.	Мл	—	Мл	—	—	—	—	—	—	
» <i>pumilio</i> Charp.	—	—	—	—	—	—	Ед	—	—	

Окончание табл. 1

Виды	Территория									
	Равнина							Горы		
	тайга		лесостепь					тайга	лесостепь	
обь-ир-тышская	обь-ени-сейская	Барабинская	Кузнецкая	Кулундинская	Причумашская	Приалтайская	алтайско-кузнецкая	Катунь-Чарышск.		
<i>Agrion hylas</i> Trybom.	—	—	—	—	—	—	—	—	Мн	Мл
» <i>concinnum</i> Ioh.	x	?	x	—	—	—	—	—	Мл	?
» <i>armatum</i> Charp.	x	x	x	?	Мн	x	Мн	Мн	Мн	Мн
» <i>hastulatum</i> Charp.	Мн	Мн	Мн	?	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн
» <i>vernale</i> Hag.	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн
» <i>pulchellum</i> Lind.	—	—	x	—	Мн	Мн	Мн	Мл	?	?
» <i>puella</i> L.	—	—	—	—	—	Мл	Мл	Мл	Мл	?
» <i>ecornutum</i> Selys.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?
<i>Platycnemis pennipes</i> Pall.	Мн <sup>6</sup>	x <sup>6</sup>	x	x	—	Мн	Мн	Мл	?	?

Примечание. x — вид известен, но обилие его не ясно; Мн — много; Мл — мало; Ед — единичная встреча; ? — вид пока не встречен, но, судя по его общему распространению, должен быть встречен; x<sup>2</sup> — вид указан, но вызывает сомнение; — — вид отсутствует.

- 1 Вид найден только по долине нижнего течения р. Лебедь.
- 2 Стрекозы этого вида летают только по боровым озерам.
- 3 Данные С. Д. Лаврова, относящиеся к окрестностям г. Омска.
- 4 Точного местонахождения нет, указан для «южного Алтая».
- 5 Кроме того, вид известен в окрестностях г. Павлодара на р. Иртыше.
- 6 Встречается только на самом юге территории, в пределах зоны лиственных лесов.
- 7 Встречается только в восточной части территории.
- 8 Найден на р. Бурла.
- 9 Возможно нахождение в Горной Шории.
- 10 Встречен близ г. Омска.

ных точках исследований можно говорить просто о местах наблюдений. Если таких точек много, то их приходится объединять в площади с определенными границами. В нашем случае, как и обычно, удобнее всего придерживаться больших ландшафтно-экологических комплексов, отмечая, как распространен вид внутри указанного комплекса. Таким образом, облегчается последующий анализ: установление или, наоборот, отрицание взаимосвязи между распространением видов и ландшафтными условиями. В табл. 1 приводим список видов и их распространение на территории Верхнего Приобья.

Анализ фауны.  
Фаунистические комплексы

В основу ниже предлагаемого анализа кладется группа видов, которая нам хорошо известна по свдому происхождению, виды с неясным происхождением, составляющие в своей основе группу транспалеарктов, служат только дополнением. В данной статье мы не будем детализировать фаунистические элементы, поскольку это сделано раньше, а установим лишь наличие двух комплексов: восточного и западного, включив в последний и юго-западные, т. е. средиземноморские, виды, которые, по видимому, попали к нам главным образом с запада. Выделим и небольшую группу циркумполярных видов.

Виды западного происхождения

К видам, родина которых на западе или юго-западе, относится значительная часть наших стрекоз. Некоторые из этих западных видов уже проникли далеко на восток, почти до Великого океана, и отсутствуют в



основном только на островах и на Камчатке. Правда, с запада к нам проник и ряд видов, которые по существу являются восточными, поэтому мы их относим в группу восточных форм.

Явно к западным видам относятся следующие: *Leucorrhinia dubia* Lind., *L. albifrons* Burm., *L. pectoralis* Charp., *L. caudalis* Charp., *Sympetrum sanguineum* Müll., *S. meridionale* Selys., *Orthetrum cancellatum* L., *Somatochlora flavomaculata* Lind., *Aeschna coluberculus* Harr., *Ae. affinis* Lind., *Ae. grandis* L., *Onychogomphus forcipatus* L., *Gomphus flavipes* Charp., *Calopteryx splendens* Harr., *Lestes macrostigma* Ever., *L. barbata* Fabr., *L. virens* Charp., *Ischnura elegans* Lind., *I. pumilio* Charp., *Agrion hastulatum* Charp., *Ag. pulchellum* Lind., *Ag. puella* L., *Nehalennia speciosa* Charp., *Platycnemis pennipes* Pall.

Следовательно, 24 вида нашей фауны принадлежат к западным формам, что составляет 40,0% от общего количества видов.

Пределы проникновения упомянутых видов в Сибирь неодинаковы: многие из них доходят узкими лентами вплоть до Японии, большинство же идет только до окончания материка и отсутствует, например, на Камчатке, Сахалине, а то и на побережье океана; некоторые виды распространяются дальше Байкала. Наиболее интересна для нас группа видов, пределом распространения на восток которой является изучаемая территория. К этой группе принадлежат, например, следующие виды: *Leucorrhinia albifrons* Burm. (возможно, образует изолированный участок, приуроченный к сосновым борам Приобья и Кулундинской степи; по этим борам лента проникает в Северный Казахстан), *L. dubia* Lind., *L. pectoralis* Charp., *Sympetrum sanguineum* Müll. (проникает на восток только до верховий р. Енисей), *Orthetrum cancellatum* L. (распространен аналогично предыдущему виду), *Aeschna affinis* Lind., *Onychogomphus forcipatus* L., *Lestes macrostigma* Ever., *L. barbata* Fabr., *L. virens* Charp., *Agrion pulchellum* Lind., *Ag. puella* L., *Platycnemis pennipes* Pall.

Таким образом, 13 видов из 24 проникают на восток только до наших земель или, в крайнем случае, до верховий Енисея, т. е. очень незначительно выходят за пределы Верхнего Приобья.

Очевидно, изучаемая территория и для стрекоз, как и для сухопутных животных, не является однородной и делится на две половины — восточную (меньшую) и западную (большую), имеющие значение зоогеографических подразделений.

#### Виды восточного происхождения

К этой группе можно причислить *Leucorrhinia orientalis* Selys., *L. rubicunda* L.,<sup>1</sup> *Sympetrum pedemontanum* All.,<sup>1</sup> *Somatochlora graeseri* Selys., *S. arctica* Zett., *S. metallica* Lind., *Cordulia aenea* L., *Macromia sibirica* Djak., *Epithea bimaculata* Charp., *Aeschna squamata* Müll., *Ae. crenata* Hag., *Nihonogomphus heterostylus* Bart., *Onychogomphus ruptus* Selys., *Gomphus epophthalmus* Selys., *Calopteryx virgo* L., *Erythromma najus* Hans., *Agrion hylas* Trybom, *Ag. soncinnum* Ioh., *Ag. armatum* Charp., *Ag. vernale* Hag., *Ag. ecornutum* Selys., т. е. всего 21 вид, что составляет 33,3% от общего количества видов исследуемой фауны. Из всего этого количества только 8 видов: *Leucorrhinia orientalis* Selys., *Macromia sibirica* Djak., *Somatochlora graeseri* Selys., *Nihonogomphus heterostylus* Bart., *Onychogomphus ruptus*, Selys., *Gomphus epophthalmus* Selys., *Agrion ecornutum* Selys., *Ag. hylas* Trybom. находят у нас предел своего распростра-

<sup>1</sup> Вид восточного происхождения, проникший к нам с запада.

нения на запад (не принимая во внимание изолированное пятно в Баварии).

Таким образом, не принимая во внимание виды широко распространенные, мы должны констатировать, что одонатологическая фауна Верхнего Приобья имеет вполне западный облик, так как к видам восточным (по своему современному ареалу) приходится отнести всего 7 упомянутых выше, тогда как остальные уже стали почти транспалеарктами.

#### Циркумпольные виды

В эту группу пока можно включить следующие виды: *Libellula quadrimaculata* L., *Sympetrum scoticum* Don., *Somatochlora Sahlbergi* Trybom (хотя в Новом Свете вид известен пока только с Аляски, т. е. это скорее палеарктический вид, но проникающий в Неоарктику), *Aeschna juncea* L., *Ae. subarctica* Walk., *Lestes dryas* Kirby., *Enallagma Cyathigerum* Charp., т. е. всего 7 видов, или 11,1% от общего количества. Очевидно, следовало бы причислить сюда и такие виды, как *Aeschna squamata* Müll., *Ae. crenata* Hag. и ряд других, имеющих в Северной Америке очень близкие и вполне викарирующие виды, более похожие на подвиды.

Таким образом, из 60 видов встречающихся у нас стрекоз 51 вид удается отнести к той или другой группе, а 9 видов не укладываются в рамки ни одной из групп, так как их происхождение не ясно. Сюда относятся, например, такие широко распространенные виды, как *Sympetrum flaveolum* L., *Lestes sponsa* Hans. и некоторые другие, а также виды с локальными ареалами *Aeschna serrata* Hag., *Somatochlora alpestris* Selys. и другие.

#### Широтные пределы распространения стрекоз в Верхнем Приобье

Рассмотрим более подробно, как распространяются различные виды или группы видов на исследуемой территории. Начнем с изучения широтных границ. Тут без особого труда выделяются 4 группы.

Первая группа объединяет виды, которые сплошь заселяют все Верхнее Приобье. К этой группе мы относим: *Libellula quadrimaculata* L., *Sympetrum flaveolum* L., *S. scoticum* Don., *Aeschna juncea* L., *Enallagma Cyathigerum* Charp., т. е. всего 5 видов, из которых 4 относятся к циркумпольным видам, а 1 отличается большим и широтным и долготным распространением.

Вторая группа объединяет северные виды, которые имеют в нашем крае южную границу распространения, а северная граница лежит уже вне пределов изучаемой площади. Однако единства в распространении видов внутри группы нет, и довольно четко намечаются три подгруппы. К первой подгруппе относятся 3 вида, южная граница которых совпадает примерно с южной границей тайги: *Somatochlora arctica* Zett., *S. alpestris* Selys., *Aeschna squamata* Müll. Ко второй подгруппе относится пока всего 1 вид — *Epithea bimaculata* Charp., южная граница которого пересекает южную часть степей. Наконец, в третью подгруппу входят виды, предел распространения которых на юг находится у южной границы нашего края или даже несколько южнее. Это самая крупная подгруппа. Ее составляют: *Leucorrhinia dubia* Lind., *L. orientalis* Selys., *L. rubicunda* L., *Somatochlora metallica* Lind., *Cordulia aenea* L., *Aeschna subarctica* Walk., *Agrion concinnum* Ioh., *Ag. hylas* Trybom., *Ag. armatum* Charp., *Ag. hastulatum* Charp., то есть 10 видов.

Ясно, что во вторую группу вошли только северные виды или их



биологические аналоги, т. е. виды, по происхождению южные, но перешедшие в северные условия обитания. Всего к этой группе нами отнесено 14 видов.

Третья группа объединяет, наоборот, южные виды, имеющие у нас северный предел распространения. И в этом случае приходится выделить три подгруппы. К первой относятся всего 3 вида, распространенные до северных границ исследуемой территории: *Aeschna viridis* Ever., *Lestes dryas* Kirby., *L. Sponsa* Hans. Ко второй подгруппе относятся виды, которые доходят только до зоны тайги или очень немного проникают в нее: *Sympetrum pedemontanum* All., *S. vulgatum* L., *S. sanguineum* Müll., *Calopteryx virgo* L., *C. Splendens* Harr., *Sympycna braueri* Bianchi, т. е. 6 видов.

Все это более или менее южные виды, из них 50% сохранили свои южные биологические черты, например обитание личинок в проточных водах, другая половина обитает и в стоячих, и в слабопроточных водах. В третью подгруппу входят виды, которые имеют предел своего распространения в степях нашего края: *Aeschna affinis* Lind., *Ae. coluberculus* Harr., *Lestes macrostigma* Ever., *L. barbata* Fabr., т. е. всего 4 вида, относящиеся к двум родам. Все это виды вполне южные, но перешедшие или почти перешедшие в северные условия существования.

Четвертая группа объединяет виды, которые имеют в пределах нашей территории и северную, и южную границы. Тут также выделяются три подгруппы. К первой относятся виды, которые распространяются по всей территории нашего края, населяя и тайгу, и степи, и горы Алтая. Это *Aeschna grandis* L., *Ae. crenata* Hag., *Erythromma najas* Hans., *Agrion vernale* Hag., т. е. 4 вида, достаточно разнообразные по своему биологическому облику (возможно, сюда же надо включить и *Ischnura elegans* Lind.). Вторую подгруппу составляют виды, уже не столь распространенные и не заходящие глубоко в тайгу, а доходящие только до ее окраин: *Ophiogomphus cecilia* Fourg., *Gomphus flavipes* Charp., *Nehalennia speciosa* Charp. Последний вид отмечен в южной части края по локальным очагам, а также около г. Омска. К третьей подгруппе относятся виды, которые вклиниваются в нашу территорию то более, то менее узкими языками. С запада сюда заходят *Leucorrhinia albifrons* Burm., *L. pectoralis* Charp., *L. caudalis* Charp. (не принято во внимание изолированное нахождение около г. Иркутска), *Somatochlora flavomaculata* Lind., *Onychogomphus forcipatus* L., *Lestes virens* Charp., *Agrion pulchellum* Lind., *Ag. puella* L., *Platycnemis pennipes* Pall., т. е. 9 видов. С востока в виде клиньев заходят следующие виды: *Somatochlora graeseri* Selys., *Macromia sibirica* Djak., *Nihonogomphus heterostylus* Bart., *Onychogomphus ruptus* Selys., *Gomphus epophthalmus* Selys., *Agrion ecornutum* Selys., т. е. всего 7.

Из всего изложенного видно, что широтные распределения стрекоз в Приобье крайне неодинаковы, из 51 вида, включенного в анализ, только 5 не имеют у нас своих широтных границ распространения.

Теперь попробуем наметить общие широтные зоогеографические границы распространения стрекоз в Верхнем Приобье.

Прежде всего выделяется северная таежная область. Она характеризуется малым количеством видов, свойственных только ей, т. е. не распространяющихся южнее. Эта область является пределом распространения на север для большинства видов южного происхождения и многих видов средней полосы. Затем следует область лесостепей, которая в широтном направлении делится на две части: северную (Барабинскую) и южную (Кулундинскую). Наконец, следует выделить Горный Алтай, где по сравнению с равнинной лесостепью отсутствуют многие

виды, но имеется несколько видов, общих с северной тайгой и живущих тут локально от основного ареала.

Сопоставим теперь наметившиеся границы с границами ландшафтных областей. Нет сомнения, что одновременно встречаются и совпадения, и резкие отличия. Так, фауна северной тайги довольно четко отделяется от фауны лесостепи. Лесостепь, в свою очередь, делится на две части: равнинную, более богатую видами, и горную, относительно бедную. Наконец, равнинная лесостепь делится на северную, более влажную, и южную, более сухую, с заметно отличными фаунами.

Таким образом, может показаться, что наши фаунистические комплексы вполне соответствуют зональным подразделениям и приурочены к определенным ландшафтам. Но к такому заключению мы не можем прийти окончательно, хотя бы уже из-за того, что в фауне горной и равнинной тайги имеются очень большие различия, в то время как в фауне лесостепи и южной тайги есть много общих черт.

Мы полагаем, что эти факты говорят не о зависимости распространения стрекоз от того или другого типа ландшафта, а скорее указывают на общность причин, обусловивших такое распределение как результат аналогичных реакций на одни и те же факторы воздействия. Отличия же вызываются тем, что фауна стрекоз не воспринимает те влияния, какие воспринимает, например, растительность (низкие температуры, сухость и т. д.). Этим стрекозы существенно отличаются от многих групп животных — птиц, зверей, бабочек, жуков и др. Но зато стрекозы очень напоминают некоторых хищников, которые довольно безразлично относятся к выбору пищи (в видовом отношении), а потому распространены широко, часто пересекают много зон.

#### Долготные пределы распространения стрекоз на территории Верхнего Приобья

Из 60 видов стрекоз, найденных на территории Верхнего Приобья, 20 видов, т. е. 33,3%, имеют предел своего распространения и на запад, и на восток.

Западные границы восточных видов, проходящие по территории исследуемой части Приобья, известны для 7 видов. К ним относятся: *Somatochlora graeseri* Selys., *Nihonogomphus heterostylus* Bart., *Agrion hylas* Trybom. (не принят во внимание локальный очажок в Баварии), *Agrion ecornutum* Selys., идущий узким языком с востока через предгорья Алтая в южную часть Приалтайских степей, вплоть до с. Углы в юго-восточной части Кулундинской степи. Наконец, небольшая группа видов доходит до нас в более северных широтах в виде выступов, всегда расположенных севернее Алтая: *Macromia sibirica* Djak., *Onychogomphus ruptus* Selys., *Gomphus epophthalmus* Selys. Видимо, эти виды не переживали у нас ледниковое время, а расселились с востока позднее, и потому их не совсем верно называть третичными реликтами, какими они являются для более восточных частей, хотя, без сомнения, в третичное время они жили и у нас.

Восточные границы западных видов известны в нашем крае для 12 видов, причем их проникновение очень различно и по форме, и по глубине. Выделяются три типа внедрений с запада: 1) узкоязыковые проникновения в южной и частично (один случай) в средней части: *Leucorrhinia albifrons* Burm., *L. caudalis* Charp. (около г. Иркутска изолированный очаг), *Agrion puella* L., *Onychogomphus forcipatus* L.; это все западные виды с более или менее локальными участками ареалов; 2) широкие проникновения до р. Оби и дальше, вплоть до бассейна р. Томи;



*Leucorrhinia pectoralis* Charp., *Aeschna affinis* Lind. (до р. Оби), *Lestes macrostigma* Ever. (до р. Оби), *L. barbata* Fabr., *L. virens* Charp., *Agrion pulchellum* Lind. (до р. Оби); 3) широкие проникновения до р. Енисей и с более северным заходом в Приобье: *Sympetrum sanguineum* Müll., *Platycnemis pennipes* Pall.

Таким образом, долготные границы, как и широтные, хорошо проявлены и явно имеют зоогеографический характер. Прежде всего бросается в глаза обособленность Восточного Алтая и Кузнецкого Алатау, связанных с Восточной Сибирью и явно обедненных западными элементами.

Крайне интересна форма проникновения отдельных групп западных видов. Границы, как это видно на рис. 2, идут концентрически, и тем

шире ареалы, тем дальше вид проникает на север, чем дальше он идет на восток. Типичные западные виды вдаются узким языком, а виды западные и юго-западные, т. е. широко распространенные в западной Палеарктике и в Приобье, дают широкие внедрения. Теперь коснемся соответствия в распространении стрекоз с долготными, т. е. историческими, границами ландшафтов. Нетрудно заметить, что существует прямая связь в распространении стрекоз с историческими границами ландшафтов, которая аналогична таковой у позвоночных животных, т. е. юго-восток Верхнего Приобья заметно отличается от остальной территории наличием восточно-сибирских видов и отсутствием многих западных. Обращает на себя внимание и тот факт, что севернее<sup>1</sup> западные виды идут дальше на восток, а южнее, наоборот, дальше продвигаются на запад восточные

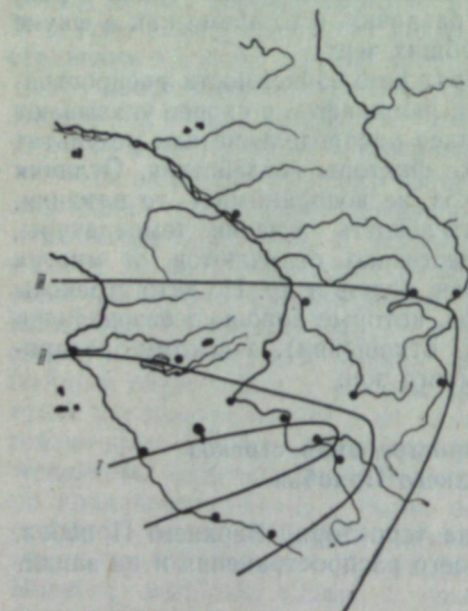


Рис. 2. Схема проникновений западных видов в Приобье.  
I — 1-й тип; II — 2-й тип; III — 3-й тип.

виды. Этот момент особенно характерен для связи в распространении стрекоз с историческими границами ландшафтов. Действительно, на юге более древние ландшафты Восточной Сибири выдвигаются на запад в виде горной страны Алтая, а северные равнинные остепненные пространства, явно западного происхождения, уходят дальше на восток.

#### Зоогеографические подразделения Верхнего Приобья на основании распространения стрекоз

Выяснив основные принципиальные моменты в распространении стрекоз по территории Верхнего Приобья, перейдем к зоогеографическому районированию. На основании всего предыдущего это не особенно сложная задача, хотя в отдельных случаях и приходится сталкиваться с рядом затруднений. Связаны они прежде всего с резкими отличиями в фауне горно-лесных и равнинно-лесных мест. Горная тайга оказывается ближе к лесостепной равнине, чем к северной тайге. Это

<sup>1</sup> Имеется в виду только южная часть Приобья, т. е. Алтай и Приалтайские степи.

заставляет нас подчеркнуть, что растительные зоны мало связаны с пределами распространения стрекоз, а имеющиеся в ряде случаев совпадения являются результатом реакций на общие факторы воздействия внешней среды.

Ранее мы произвели деление Сибири на подобласти; Восточный Алтай, как и Кузнецкий Алатау, отнесли к Сибирской подобласти, тогда как вся остальная территория изучаемого Приобья входит в Европейско-Сибирскую подобласть. И только южный высокогорный Алтай, т. е. Чуйская и Курайская степи, отнесены к Монголо-Казахской подобласти.

Таким образом, на исследуемой территории сталкиваются фауны трех подобластей Палеарктической области.

Монголо-Казахская подобласть в наших условиях характеризуется крайне бедной фауной, сложенной главным образом из широко распространенных видов, в ней почти полностью отсутствуют специфически сибирские или западные виды. Здесь пока известно всего 8 видов: *Sympetrum scoticum* Don., *S. flaveolum* L., *Lestes dryas* Kirby., *L. sponsa* Hans., *Enallagma cyathigerum* Charp., *Agrion hylas* Trybom., *Ag. armatum* Charp., *Ag. vernale* Hag.

Эту территорию мы выделяем в качестве Высокогорного пустынного участка, который включает Чуйскую и Курайскую степи в пределах СССР и, очевидно, ближайшие части Монголии.

Сибирская подобласть, как мы отмечали, ограничивается у нас следующей линией: немного южнее г. Красноярска ее граница, идущая вдоль р. Енисей (по левому побережью), поворачивает на юго-запад, охватывает Горную Шорию и, пересекая р. Лебедь в нижнем течении, вскоре поворачивает на юг, и немного западнее р. Башхаус граница доходит до Курайского хребта. Вся эта территория характеризуется наличием восточных видов: *Leucorrhinia orientalis* Selys., *Somatochlora graeseri* Selys., *Macromia sibirica* Djak., *Nihonogomphus heterostylus* Bart., *Onychogomphus ruptus* Selys., *Gomphus epophthalmus* Selys., *Agrion hylas* Trybom. Правда, некоторые виды могут встречаться и западнее, но там они являются чуждой примесью. Еще лучше эту территорию характеризует отсутствие следующих западных видов: *Leucorrhinia albifrons* Burm., *L. pectoralis* Charp., *L. candalis* Charp., *Aeschna affinis* Lind., *Onychogomphus forcipatus* L., *Lestes macrostigma* Ever., *L. barbata* Fabr., *L. virens* Charp., *Agrion puella* L., *Ag. pulchellum* Lind., которые с запада или северо-запада доходят до Восточного Алтая и Кузнецкого Алатау. Фаунистического однообразия на всей выделенной юго-восточной части Приобья безусловно нет. И если не качественное, то количественное отличие в фаунах таежного Алтая и Горной Шории имеет место. Пока мы провизорно выделяем тут два зоогеографических участка: Восточно-Алтайский таежный и Кузнецкий горно-таежный.

Перейдем теперь к зоогеографическому разделению площади в пределах Европейско-Сибирской подобласти. Прежде всего здесь выделяется территория северной равнинной тайги, которая почти не имеет специфических черт, но зато очень хорошо характеризуется своими отличительными показателями.

Так, более или менее специфичны для этой площади всего два вида: *Somatochlora arctica* Zett. и *Aeschna squamata* Müll., которые не известны в лесостепной части, хотя второй вид появляется вновь в горах Алтая, но всегда на значительных высотах. Зато здесь отсутствуют или чуть заходят сюда с юга очень многие виды, широко распространенные в лесостепи. Отметим, например, *Sympetrum pedemontanum* All., *S. vulgatum* L., *S. sanguineum* Müll., *Ophiogomphus cecilia* Four., *Gomphus flavipes* Charp., *Calopteryx virgo* L., *C. splendens* Harr., *Lestes virens* Charp., *Sym-*



*rusna braueri* Bianchi, *Platynemis pennipes* Pall., известные еще из северной части лесостепи. Южная граница этой территории проходит, очевидно, чуть севернее г. Томска.

Дальнейшие подразделения неясны, поэтому всю площадь лево- и правобережных притоков р. Оби от устья р. Томи до устья р. Ваха мы объединяем пока в один Нарымский участок, для которого западная и северная границы не определены, хотя в бассейнах рек Васюгана и Чаи можно ожидать присутствие западных видов или более южных видов, которые отсутствуют на правобережье р. Оби. Из таких видов мы сейчас знаем только *Sympetrum meridionale* Selys., который считаем лесостепным реликтом, сохранившимся со времен последнего ксеротермического периода.

Таким образом, у нас остается громадная площадь приобских степей и лесостепей, к которым приходится присоединить и Алтай (кроме южной и восточной его окраин), а также лесистую область, известную под названием «мариинская тайга», с примыкающими к ней с севера и юга лесными территориями.

Мы не будем отдельно характеризовать лесостепь в целом, так как, отделив тайгу, мы уже достаточно охарактеризовали и лесостепь.

Просматривая список видов и их размещение, нетрудно заметить явную неоднородность в фаунах Барабинской, Кулундинской, Кузнецкой, Причумышской лесостепей и Горно-Алтайской страны, где чередуются таежные и степные участки.

Так, Барабинская лесостепь является переходной полосой между северной и южной фаунами. Достаточно сказать, что на этой территории отсутствуют, например, *Leucorrhinia albifrons* Burm., *L. caudalis* Charp., *Aeschna affinis* Lind., *Lestes macrostigma* Ever., *Agrion puella* L. и другие виды, встречающиеся в Кулундинской степи, но зато сюда проникают с севера такие виды, как *Aeschna squamata* Müll. К этому же участку относится и южная часть лиственных лесов и, очевидно, сюда же следует причислить «мариинскую тайгу» на востоке, которая, возможно, будет выделена в самостоятельный участок. Северная граница ясна. Южная пройдет чуть севернее р. Бурлы, а на востоке участок ограничится водоразделом рек Кии и Чулыма. Этот участок мы называем Барабинским.

Кузнецкая лесостепь четко отличается от других лесостепных пространств Приобья проникновением сюда ряда восточных видов, которые, впрочем, являются тут только примесью: *Onychogomphus ruptus* Selys., *Gomphus ephthalmus* Selys., *Macromia sibirica* Djak., и отсутствием многих западных видов, которые западнее летают на этой широте: *Leucorrhinia albifrons* Burm., *L. caudalis* Charp., *L. pectoralis* Charp., *Somatochlora flavomaculata* Lind., *Lestes virens* Charp. (?), *Agrion pulchellum* Lind., *Ag. puella* L. Это явно очень обедненный участок, почти ограниченный территорией изолированного пятна Кузнецкой лесостепи, несколько вытянутого по долине р. Ини в сторону Новосибирска, а также, очевидно, захватывающего с востока и севера сопредельные лесные части предгорий Кузнецкого Алатау. Это Кузнецкий степной участок.

Причумышская лесостепь занимает промежуточное положение между Барабинской и Кулундинской степями с одной стороны и Кузнецкой с другой. Сюда еще заходят многие западные виды, но они редки и обычно концентрируются по борovým озерам. Эта территория выделяется под именем Причумышского участка. Границы ее ясны из предыдущего, а южная граница проходит несколько южнее г. Бийска по направлению к устью р. Лебедь.

Наконец, нам остается разграничить явно фаунистически различные территории Кулундинской степи и Горного Алтая. Для Горного Алтая характерны только два вида, которые не встречаются в Кулундинской степи: *Somatochlora graeseri* Selys. и *Agrion hylas* Trybom. Зато в горы не залетают следующие виды, встречающиеся в равнинной Кулундинской степи: *Leucorrhinia albifrons* Burm., *L. pectoralis* Charp., *L. caudalis* Charp., *Somatochlora flavomaculata* Lind., *Gomphus flavipes* Charp., *Lestes macrostigma* Ever., *L. virens* Charp., *Nehalennia speciosa* Charp., *Agrion pulchellum* Lind., *Ag. puella* L. (?).



Рис. 3. Схема зоогеографического районирования Верхнего Приобья. I. Сибирская подобласть (южная провинция, Енисейская подпровинция): 1) Кузнецкий горно-таежный и 2) Восточно-Алтайский участки. II. Монголо-Казахская подобласть (Монгольская провинция): 3) Высокогорный (Чуйский) участок. III. Европейско-Сибирская подобласть. А — лесная провинция: 4) Нарымский участок. Б — Лесостепная провинция: 5) Барабинский, 6) Кузнецкий степной, 7) Причумышский, 8) Кулундинский, 9) Горно-Алтайский, 10) Ачинский участки.

Следовательно, отличия между обеими территориями очень четкие. Кулундинская лесостепь (и степь) образуют Кулундинский участок, а Горный Алтай — Горно-Алтайский участок. Граница между эти-

Таблица 2

Подобласть	Провинция	Подпровинция	Участок
I. Сибирская	А. Южная	Енисейская	1. Кузнецкий горнотаежный
			2. Восточно-Алтайский
II. Монголо-Казахская	А. Монгольская	(Обь-Енисейская)	3. Высокогорный пустынный (Чуйский)
			4. Нарымский
III. Европейско-Сибирская	Б. Лесостепная	Обь-Иртышская	5. Барабинский
			6. Кузнецкий степной
			7. Причумышский
			8. Кулундинский
			9. Горно-Алтайский
			10. (Ачинский)

Примечание. В скобках даются подразделения, не мотивированные фактическим материалом, установленные предварительно на основании общих соображений, т. е. в качестве рабочей гипотезы.



ми участками очень нечеткая, вся полоса приалтайских степей является переходной. Условно мы проводим эту границу по линии от с. Усть-Чарышского на пос. Змеиногорский.

Наконец, следует заметить, что сильно остепненная территория в верховьях р. Чулыма, оставшаяся вне зоогеографических подразделений, предположительно выделяется в качестве самостоятельного Ачинского участка, который находится под влиянием соседней Сибирской подобласти и более других теряет элементы западной фауны.

Территории всех перечисленных участков показаны на рис. 3, их границы очень условны. В табл. 2 дается схема соподчинений различных зоогеографических подразделений. Мы приводим подобласть, провинцию, подпровинцию и участок. Объединить участки в округа пока не представляется возможным, это дело будущего, когда мы сможем выделить элементарные подразделения на значительно большей площади.

Восточно-Сибирский филиал  
Сибирского отделения АН СССР,  
Иркутск

Поступила в редакцию  
15/II 1961

В. П. МАРКАРЯНЦ

### О ВЛАЖНОСТИ СВЕЖЕСРУБЛЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ

Вопросы, связанные с влажностью свежесрубленной древесины, имеют большое практическое значение при лесотранспортных операциях, разработке условий хранения лесоматериалов, для установления режимов сушки. В теоретическом отношении изучение распределения влаги в стволе растущих деревьев позволит проверить и углубить современную теорию водообмена в дереве.

Для исследования влажности древесины ствола пихты сибирской в летний период 1958 и 1960 гг. в бассейне р. Большого Кемчуга Красноярского края нами было заложено 13 пробных площадей и срублено 136 модельных деревьев.

Данный район был выбран для исследований из тех соображений, что в скором времени его пересечет строящаяся железнодорожная магистраль Ачинск — Абалаково и все лесные массивы, прилегающие к ней, вступят в промышленную эксплуатацию.

Полученные нами показатели влажности свежесрубленной древесины пихты отличаются от аналогичных данных, имеющихся в литературе [1—3], и противоречат установившемуся мнению о том, что влажность спелодревесных пород, в том числе и пихты, в зоне спелой древесины всегда ниже (в 3—4 раза) влажности заболони и примерно равна 30—45%.

Закладка пробных площадей и взятие модельных деревьев проводились в соответствии с требованиями ОСТ НКЛеса 196, было лишь увеличено количество модельных деревьев.

Восемь пробных площадей было заложено в пихтарнике пойменном. В состав насаждений, кроме основной породы — пихты (от 5 до 9 единиц), входили ели (от 1 до 3 единиц) и кедр (от 1 до 2 единиц), а также единично береза и осина. Насаждения были разновозрастными, средний возраст их на пробных площадях колебался от 44 до 124 лет; средний диаметр пихты — от 4,4 до 19,8 см; средняя высота — от 6,6 до 18,1 м.

Пять пробных площадей было заложено в пихтарнике зеленомошниковом. Насаждения на них характеризуются следующими показателями: по составу — пихта от 4 до 9 единиц, ель от 1 до 3 единиц, сосна от 1 до 3 единиц, единично кедр, лиственница, береза, осина; средний возраст пихты на пробных площадях колебался от 89 до 137 лет; средняя высота — 15—25 м; средний диаметр — 10,3—19,5 см.

Для определения влажности на двух высотах в комлевой части (на высоте 20—10 см от шейки корня) и на половине высоты ствола выпиливались по одному торцевые кружки толщиной 30—40 мм. Из торцевых кружков по направлению север — юг по всему диаметру выкалывались парные образцы, которые немедленно взвешивались на технических весах с точностью 0,01 г. При этом по возможности образцы выкалывались отдельно из заболоченной части, «сухого кольца» и центральной,



наиболее увлажненной части. Зона, идущая непосредственно за заболонью, названная нами условно зоной сухого кольца, в комлевых кружках (диаметром 15—40 см) достигала ширины 2—4 см, а в кружках, взятых на половине высоты ствола, отсутствовала.

Периферийная часть ствола пихты, включающая зоны заболони и сухого кольца, имела белый цвет. Центральная часть ствола была на ощупь сильно увлажненной и имела окраску от желтоватой до светло-бу-

Таблица 1

Изменение влажности в зависимости от возраста деревьев (пихтарник пойменный)

Возраст, лет	Высота взятия образцов	Часть ствола	Показатели					
			n	M	±σ	±m	V, %	P, %
50—100	Комель	Заболонь (А)	93	127	32	3	25	2,4
		Сухое кольцо	126	43	12	1	28	2,3
	1/2 H	Центральная часть	86	115	43	5	38	4,3
		Заболонь	95	165	31	3	19	1,8
101—150	Комель	Центральная часть	114	105	24	2	23	1,9
		Заболонь (А')	32	108	21	4	19	3,7
	1/2 H	Сухое кольцо	57	46	12	1,6	26	3,5
		Центральная часть	34	97	26	4	27	4,1
		Заболонь	40	146	23	4	16	2,7
		Центральная часть	49	80	23	3	29	3,7

Таблица 2

Изменение влажности в зависимости от возраста деревьев (пихтарник пойменный мошниковый)

Возраст, лет	Высота взятия образцов	Часть ствола	Показатели					
			n	M	±σ	±m	V, %	P, %
65—100	Комель	Заболонь (Б)	128	152	25	2	16	1,3
		Сухое кольцо	170	59	16	1	27	1,7
	1/2 H	Центральная часть	203	117	41	3	35	2,5
		Заболонь	135	177	30	3	17	1,7
101—150	Комель	Центральная часть	232	106	30	2	28	1,9
		Заболонь (Б')	56	132	25	3	19	2,3
	1/2 H	Сухое кольцо	83	57	15	1,6	26	2,8
		Центральная часть	120	135	45	4	33	3,0
		Заболонь	68	159	27	3	17	1,9
		Центральная часть	116	88	24	2	27	2,3

рой, что расценивалось нами как наличие пороков — внутренней краснины и водослоя. В отдельных случаях наблюдались признаки перехода внутренней краснины в стадию гнили. У некоторых кружков центральная часть не отличалась по цвету от периферийной, что указывало на отсутствие признаков внутренней краснины, однако они были также сильно увлажнены. Это отмечалось в большинстве случаев для торцевых кружков, выпиленных на половине высоты ствола, а иногда и для комлевых.

Общее количество образцов, взятых из модельных деревьев для определения влажности, составило около 3 тысяч штук.

Образцы после взвешивания в полевых условиях подсушивались до воздушно-сухого состояния и упаковывались. В лабораторных условиях в сушильных шкафах при температуре  $100 \pm 5^\circ \text{C}$  образцы доводились

до абсолютно сухого состояния, взвешивались, и затем вычислялась их абсолютная влажность в процентах.

Средние показатели влажности вычислялись методами вариационной статистики с получением следующих величин: средней арифметической —  $M$ , среднего квадратичного отклонения —  $\pm \sigma$ , средней ошибки —  $\pm m$ , коэффициента вариации —  $V$ , %, показателя точности опыта —  $P$ , %.

В табл. 1 и 2 показано изменение влажности в стволах пихты в зависимости от возраста и ее распределение по высоте и радиусу.

При обработке наблюдений все модельные деревья в возрастном отношении делились на две группы: деревья в стадии спелости (возраст от 60 до 100 лет) и в стадии перестойности и выше (возраст от 101 до 150 лет).

Из средних показателей ( $M$ ) видно, что во всех случаях влажность заболони с увеличением возраста деревьев уменьшается (достоверность различия<sup>1</sup> между А и А', Б и Б' доказана:  $3,8 > 3$ ;  $5,6 > 3$ ). Влажность сухого кольца остается неизменной, влажность же центральной части, очевидно, изменяется под влиянием каких-то иных факторов и не связана прямо с возрастом деревьев.

Большие величины коэффициентов вариации указывают на значительную изменчивость влажности и большое отклонение отдельных наблюдений от средней величины ( $M$ ), особенно это относится к цент-

Таблица 3

Изменение влажности в зависимости от класса роста (пихтарник пойменный)

Класс роста	Высота взятия образцов	Количество наблюдений стволов образцов	Влажность, %		
			заболонь	сухое кольцо	центральная часть
I	Комель	16	118	48	129
		33 60 35			
	1/2 H	16	152	—	87
		38 51			
II	Комель	44	122	41	104
		92 123 85			
	1/2 H	44	160	—	100
		97 112			
III	Комель	23	102	40	83
		52 35 36			
	1/2 H	23	158	—	122
		50 40			
IV	Комель	8	70	36	72
		16 14 12			
	1/2 H	8	112	—	105
		20 20			

Таблица 4

Изменение влажности в зависимости от класса роста (пихтарник зеленомошниковый)

Класс роста	Высота взятия образцов	Количество наблюдений стволов образцов	Влажность, %		
			заболонь	сухое кольцо	центральная часть
I	Комель	8	152	61	135
		38 58 76			
	1/2 H	8	177	—	93
		42 86			
II	Комель	20	148	58	127
		94 137 165			
	1/2 H	20	173	—	100
		106 182			
III	Комель	11	136	56	101
		52 58 82			
	1/2 H	11	161	—	96
		57 80			

<sup>1</sup> Достоверность различия между двумя рядами наблюдений вычислялась по

$$\text{формуле: } \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} < 3.$$



ральной части ствола. Так, в пихтарнике зеленомошниковом минимальная влажность образцов, взятых из комлевой центральной части, составляла 51% и максимальная — 241%, а в пихтарнике пойменном минимальная — 41%, максимальная — 220%.

В табл. 3 и 4 показано изменение влажности у деревьев с различной степенью развития (класс роста). Деревья, имеющие наибольшую высоту и диаметр, мы относили к I классу роста. Деревья с меньшими высотами и диаметрами соответственно распределялись между II, III и IV классами роста с учетом их возраста. В пихтарнике зеленомошниковом деревья IV класса роста нами не брались. Анализируя данные табл. 3 и 4, видим, что имеется явная тенденция к снижению влажности от I к IV классу роста.

Таблица 5

Изменение влажности древесины пихты в зависимости от типов леса

Тип леса	Высота взятия образцов	Часть ствола	Показатели					
			<i>n</i>	<i>M</i>	$\pm \sigma$	$\pm m$	<i>V, %</i>	<i>P, %</i>
Пихтарник пойменный	1/2 <i>H</i>	Заболонь ( <i>B</i> )	189	112	34	2	30	1,8
		Сухое кольцо ( <i>Г</i> )	232	44	12	1	27	2,2
		Центральная часть ( <i>Д</i> )	166	101	38	3	38	3,0
		Заболонь ( <i>Е</i> )	204	148	31	2	21	1,4
		Центральная часть ( <i>Ж</i> )	171	101	30	2	30	2,0
Пихтарник зеленомошниковый	1/2 <i>H</i>	Заболонь ( <i>B'</i> )	184	145	27	2	19	1,4
		Сухое кольцо ( <i>Г'</i> )	250	58	14	1	24	1,7
		Центральная часть ( <i>Д'</i> )	323	123	42	2	34	1,6
		Заболонь ( <i>Е'</i> )	203	171	30	2	18	1,2
		Центральная часть ( <i>Ж'</i> )	350	98	30	1	31	1,0

В табл. 5 приведены результаты исследования влажности древесины в стволах пихты, относящейся к разным типам леса. Средняя влажность для пихтарника пойменного получена на основании анализа 94 стволов, а для пихтарника зеленомошникового — 39 стволов.

Данные табл. 5 показывают, что общая влажность древесины пихты выше в пихтарнике зеленомошниковом, чем в пихтарнике пойменном. Достоверность различия между показателями влажности: для *B* и *B'* —  $14,8 > 3$ , для *Г* и *Г'* —  $10 > 3$ , для *Д* и *Д'* —  $6,1 > 3$  и для *Е* и *Е'* —  $8,2 > 3$  — во всех случаях оказалась доказанной.

В отношении изменений влажности по высоте ствола на основании анализа всех приведенных выше таблиц можно сделать следующие выводы. Влажность заболони на половине высоты ствола во всех случаях на 25—56% выше влажности комлевой части. Влажность центральной части, наоборот, как правило, ниже на 5—42%, и только у деревьев III и IV классов роста в пихтарнике пойменном она также оказалась выше на половине высоты ствола.

### Выводы

1. С увеличением возраста деревьев пихты влажность заболонной древесины уменьшается, влажность сухого кольца не изменяется. Влажность центральной части с возрастом деревьев не связана и всегда остается высокой.

2. Наиболее развитые деревья, относящиеся к I—II классам роста, имеют повышенную влажность по сравнению с деревьями, отставшими в своем развитии (III—IV классов роста).

3. Большая влажность древесины пихты наблюдается в пихтарнике зеленомошниковом по сравнению с пихтарником пойменным.

4. Влажность изменяется с высотой по стволу неодинаково для различных частей ствола: в заболони происходит повышение ее, в центральной части, как правило, понижение.

5. Пихта имеет повышенную влажность центральной части ствола, которая является как бы резервуаром для запаса влаги.

Институт леса и древесины  
Сибирского отделения АН СССР  
Красноярск

Поступила в редакцию  
18/IV 1961

### ЛИТЕРАТУРА

1. С. И. Ванин, Древесиноведение. Гослесбумиздат, изд. 2, 1940; изд. 3, 1949.
2. Л. М. Перелыгин, Древесиноведение, Гослесбумиздат, 1949; 1957.
3. А. А. Яценко-Хмелевский, Основы и методы анатомического исследования древесины. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1954.



Н. Н. НАПЛЕКОВА

РАСПРОСТРАНЕНИЕ АЗОТОБАКТЕРА  
В РИЗОСФЕРЕ ДИКORAСТУЩИХ РАСТЕНИЙ  
НА НЕКОТОРЫХ ПОЧВАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ  
И НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Растения оказывают значительное влияние на расселение и развитие азотобактера в почвенном слое, их корневая система является благоприятным местообитанием микробов.

Наряду с этим в прикорневой зоне растений лучше удерживается влага и в течение летнего засушливого периода влажность в ризосфере растений на 2—3% выше, чем в почве междурядий [1, 2].

Под влиянием корневой системы растений улучшается аэрация и увеличивается содержание кислорода в почве, прилегающей к корням [3].

С. П. Костычев [4], Букаш и Гейцер [5] азотофиксирующую активность азотобактера тесно связывают с наличием корневых выделений растений.

Н. Н. Сушкина [6], изучая распространение азотобактера в почвах сухих степей и пустынь, установила, что состав растительного покрова является одним из основных факторов, влияющих на распространение азотобактера. В почве под растительными сообществами степного или пустынного типа азотобактер находится в угнетенном состоянии. Она высказывает предположение, что в ризосфере дикорастущих растений на целинных землях наличие азотобактера не будет таким повсеместным, как это утверждает Пошенридер [7], говоря о культурных садовых почвах.

В связи с освоением целинных и залежных земель перед нами была поставлена задача проследить развитие азотобактера в почве и в ризосфере дикорастущих растений, так как указанному вопросу до последнего времени уделяется очень мало внимания.

Распространение азотобактера изучалось нами в 1956—1959 гг. в ризосфере дикорастущих растений следующих семейств: злаковых, сложноцветных, розоцветных, бобовых, подорожниковых, зонтичных, гвоздичных, лютиковых, крестоцветных, хвощевых, ирисовых, осоковых, норичниковых, произрастающих на различных целинных и залежных почвах Новосибирской области и Алтайского края.

Ризосфера растений исследовалась по зонам: зона корня (собственно корень) путем посева отрезков корней, трехкратно отмытых в стерильной водопроводной воде; прикорневая зона (0—0,3 см от корня) путем посева отрезков неотмытых корней и комочков почвы; ризосферная почва (0,3—1 см от корня) — методом комочков. Растения для анализа брались 2—3 раза в течение вегетационного периода.

Азотобактер в зоне корня у многих дикорастущих растений не был обнаружен.

Распространение азотобактера в ризосфере растений Алтайского края изучалось на естественных и орошаемых лугах Кош-Агачского района на лугово-солончаковой почве (нормы полива различны), а также на целинной и обработанной различными способами лугово-черноземной почве, занятой щучковым низинным лугом в Усть-Коксинском аймаке Горно-Алтайской автономной области<sup>1</sup>.

Наблюдениями установлено отсутствие азотобактера в ризосфере осоки ложнотвердоватой и в лугово-солончаковой почве. Это явление мы объясняем резкими колебаниями температуры и низкой влажностью

Таблица 1

Содержание азотобактера в ризосфере дикорастущих растений Алтайского края

Название ассоциаций и почвы	Место сбора	Растения	Рост азотобактера		
			зона корня	прикорн. зона	ризосферн. почва
Осоковый кочковатый луг, лугово-солончаковая почва	Горно-Алтайская автономная область, Кош-Агачский р-н, оросительная система Кара-Тюргунь	Ячмень солончаковый	0	0	0
		Мятлик тибетский	0	0	0
		Вейник тонкостебельный	0	0	0
		Осока безжилковая	0	0	0
		Осока алтайская	0	0	0
		Ситник солончаковый	0	0	0
		Мытник красивый	0	0	0
		Хвощ болотный	0	0	0
		Клевер альпийский	0	0	0
		Астрагал пушистый	0	0	0
Осоковый орошаемый луг	»	Зубровка Бунге	0	0	0
		Мятлик тибетский	0	+++	100
		Лисохвост сизый	0	0	0
	»	Осока алтайская	0	0	100
Лугово-солончаковая почва	»	Осока Каро	0	0	0
		Астрагал морщинистоплодн.	0	0	0
Злаково-осоковый орошаемый луг	»	Мятлик тибетский	0	0	4
		Ячмень солончаковый	0	0	12
		Зубровка Бунге	0	++	100
		Вейник тонкостебельный	0	0	0
Лугово-солончаковая почва	»	Осока безжилковая	0	0	0
		Осока Каро	0	0	0
		Астрагал пушистый	0	+++	100
		Астрагал морщинистоплодн.	0	+	23
Осочковая степь, светло-каштановая почва	»	Осока ложнотвердоватая	0	0	0
Солончак шелковицевый	»	Ячмень солончаковый	0	0	0
Лугово-солончаковая почва	»				
Ячменево-щучковый низинный луг	Горно-Алтайская автономная обл.	Овсяница луговая	0	0	0
		Щучка дернистая	0	0	0
Лугово-черноземная почва	Усть-Коксинск. аймак				

Примечание: +++ хороший рост; ++ слабый рост; + очень слабый; цифры — рост в %.

<sup>1</sup> Видовое определение растений и закладка опытов по орошению и обработке проводились сотрудниками лаборатории геоботаники БИ СО АН СССР А. В. Ронгинской и Н. В. Логутенко.



почвы, при которой даже степная растительность выгорает в июне-июле. Азотобактер не найден и на солончаковом шелковищевом лугу в ризосфере ячменя солончакового, что, по-видимому, связано с сильным засолением почвы (выцветы солей на поверхности).

На орошаемых лугах той же лугово-солончаковой почвы содержание азотобактера в ризосфере растений зависит от степени влажности. На осоковом кочковатом лугу, в течение всего вегетационного периода залитом водой (влажность 100% от полной влагоемкости), развитие азотобактера сильно тормозится, и он не обнаруживается в ризосфере ячменя солончакового, осоки алтайской, мятлика тибетского, ситника солончакового, вейника тонкостебельного, осоки безжилковой, мытника красивого, хвоща болотного, клевера альпийского, астрагала пушистого. Результаты анализов приведены в табл. 1.

Следует отметить, что там же, на осоковом орошаемом лугу, с уменьшением влажности почвы до 80%, азотобактер выделен из ризосферы мятлика тибетского и осоки алтайской. В ризосфере зубровки, лисохвоста сизого, осоки Каро, астрагала морщинистоплодного азотобактер отсутствовал, тогда как на злаково-осоковом орошаемом лугу при влажности 40—60% от полной влагоемкости в ризосфере тех же растений он развивался в значительном количестве.

Ранее Венцль [8] также не находил азотобактера в почвах под растительностью степного, резко солончакового или псаммофитного типа и, наоборот, встречал его под растительным покровом гидрофильного характера на целинных почвах.

В Усть-Коксинском районе, в окрестностях с. Абай, на целинной лугово-черноземной карбонатной почве азотобактер отсутствовал в почве и в ризосфере овсяницы и щучки дернистой. Это можно объяснить избыточным увлажнением на протяжении всего вегетационного периода, о чем свидетельствуют оглеенность и следы закисного железа, а также низкими температурами приземного слоя воздуха, способствующими сохранению сезонной мерзлоты. Злак щучка дернистая создает плотную дернину, что затрудняет аэрацию и прогревание почвы и тем самым создает условия, отрицательно влияющие на распространение аэробного азотофиксатора — азотобактера.

Обработка таких почв приводит к бурному развитию азотобактера в почве и ризосфере растений. Численность азотобактера меняется в зависимости от приемов обработки. В варианте фрезерование на глубину 10 см + вспашка на 20—25 см + фрезерование констатировано наибольшее количество азотобактера (обрастание комочков на питательной среде Эшби составляло 96% в слоях почвы 0—5 см и 10—15 см). Менее положительно сказалось одно фрезерование целины (в слое почвы 0—5 см содержание азотобактера составляло 16%, до 20 см и глубже он не был обнаружен). Очень слабый рост азотобактера (до 13% в слое почвы 0—5 см) нами установлен при дисковании на глубину 10 см + вспашка + фрезерование.

Обработка почвы оказывает влияние на развитие азотобактера и в ризосфере растений. Так, в ризосфере овсяницы посевной с опытного участка, обработанного путем фрезерования + вспашка + фрезерование, отмечен 100%-ный рост азотобактера, в то время как в ризосфере того же растения с целинных почв он не был обнаружен.

Анализируя полученные данные, следует отметить, что в ризосфере дикорастущих растений на целинных землях Алтайского края азотобактер встречается редко. Из 28 изученных видов дикорастущих растений азотобактер обнаружен лишь в ризосфере 7 видов.

Аналогичные результаты по распространению азотобактера в ризосфере дикорастущих растений получены и в условиях Новосибирской

области. Так, на остепненном тимфеечно-мятликовом лугу Завьяловского зерносовхоза Тогучинского района (залежный среднемощный выщелоченный чернозем) слабый рост азотобактера обнаружен в ризосфере тимфеевки, ковыля, ежи сборной. Нами было установлено отсутствие азотобактера в ризосфере большинства растений, преобладающих на залежи: мятлика узколистного, пырея ползучего, лапчатки серебристой, тысячелистника, полыни обыкновенной, подорожника степного, чины луговой, змееголовника, люцерны желтой, эспарцета песчаного, рэгнерии собачьей, коротконожки, астрагала, вики двулистной, клевера ползучего, саранки, кровохлебки, купены, зопника клубненосного, лабазника шестилепестного, герани луговой, лютика, клубники, щавеля и др.

В залежной темно-серой оподзоленной почве вблизи с. Мочище Новосибирского района слабый рост азотобактера обнаружен в ризосфере чины луговой, люцерны желтой, астрагала датского. Азотобактер отсутствовал в ризосфере более широко распространенных растений: мятлика узколистного, ежи сборной, пырея ползучего, овсяницы, тысячелистника, полыни обыкновенной и степной, скерды, ястребинки, одуванчика, земляники, лапчатки серебристой, лабазника, змееголовника поникшего, клевера лугового, подорожника большого и среднего, гранатника, звездчатки злаковидной, василистника простого и др.

Влияние обработки на развитие азотобактера выяснялось нами при сравнении развития его в ризосфере растений на различных целинных и обработанных почвах совхоза № 3 Чановского района (Евсеево и Кочковатое) Новосибирской области.

Наблюдениями установлено повышение численности азотобактера в ризосфере вейника и ячменя на обработанных участках высокостолбчатого солонца и лугово-солончаковой почвы.

Обработка почвы положительно сказалась на развитии азотобактера в ризосфере шелковицы на корковом солонце (Евсеево). На корковом солонце-солончаке (Кочковатое) из-за высокого содержания солей (более 2%) азотофиксатор почти отсутствует в ризосфере шелковицы на неулучшенных лугах.

В ризосфере пырея ползучего азотобактер хорошо развивался на обработанных и неулучшенных лугах высокостолбчатого солонца и лугово-солончаковой почвы, тогда как в ризосфере пырея бескорневищного культурного азотобактер не развивался и на обработанном участке высокостолбчатого солонца (табл. 2).

Азотобактер не обнаружен в зонах ризосферы ковра, посеянного на улучшенном участке высокого солонца и лугово-солончаковой почвы.

Таким образом, обработка почвы улучшает развитие азотобактера в ризосфере местных сортов дикорастущих растений: шелковицы, ячменя, вейника, пырея ползучего, более приспособленных к данным почвенно-климатическим условиям. На развитие же азотобактера в ризосфере культурных сортов, посеянных в той же почве, — ковра и пырея бескорневищного, обработка в первый год влияния не оказала.

Подводя итоги изложенному выше, следует отметить, что азотобактер в ризосфере дикорастущих растений на целинных и залежных почвах Новосибирской области и Алтайского края встречается редко. Из 93 изученных видов растений рост его обнаружен только в ризосфере 17 видов.

Довольно детальное изучение развития азотобактера в ризосфере дикорастущих растений почти всех важнейших семейств, встречающихся в умеренной зоне на культурных садовых почвах, было проведено Пошенридером [7]. Он показал, что эта бактерия встречается почти по-



Таблица 2

Влияние обработки на развитие азотобактера в ризосфере многолетних трав Чановского района Новосибирской области (совхоз № 3)

Растения	Место взятия образца и почва	Рост азотобактера					
		зона корня	прикорневая зона	ризосферная почва	зона корня	прикорневая зона	ризосферная почва
Пырей бескорневищный	Кочковатое. Высокостволчатый солонец, улучшенный луг	0	0	0	0	0	0
Пырей ползучий	Евсеево. Высокостволчатый солонец, улучшенный луг	0	0	0	0	+	10
	Высокостволчатый солонец, улучшенный луг	+	+++	100	0	+	76
	Лугово-солончаковая почва, улучшенный луг	0	0	0	0	++	100
Костер	То же, улучшенный луг	0	+	20	0	+++	100
	Кочковатое. Высокостволчатый солонец, улучшенный луг	0	0	0	—	—	—
Шелковица	Лугово-солончаковая почва, улучшенный луг	0	0	0	—	—	—
	Евсеево. Корковый солонец, улучшен. луг	0	0	0	0	++	94
Ячмень	То же, улучшенный луг	0	+++	72	0	+++	94
	Кочковатое. Корковый солонец-солончак, улучшен. луг	—	—	—	0	0	4
	То же, улучшенный луг	—	—	—	0	+	45
Вейник	Евсеево. Высокий солонец, улучшенный луг	—	—	—	+	+	28
	То же, улучшенный луг	—	—	—	+	+++	100
	Лугово-солончаковая почва, улучшенный участок	—	—	—	0	+	10
Вейник	То же, улучшенный участок	—	—	—	0	+	46
	Евсеево. Лугово-солончаков. почва, улучшенный луг	—	—	—	+	+++	80
	То же, улучшенный луг	—	—	—	+	+++	100
	Кочковатое. Высокостволчатый солонец, целина	—	—	—	0	0	0
	То же. Улучшенный луг	—	—	—	0	++	8

Примечание: +++ рост хороший; ++ средний; + слабый рост; цифры — рост в %; — исследования не проводились.

всеместно. Лишь осенью она вытесняется из ризосферы микробами гниения и разложения корней. Пошенридер обнаружил азотобактер в ризосфере растений 10 семейств: бобовых, сложноцветных, примуловых, подорожниковых, лютиковых, злаковых, маковых, бальзаминовых, бурачниковых, маревых, что дало ему основание считать азотобактер обычной корневой бактерией.

Приведенные нами данные показывают, что распространение азотобактера в ризосфере дикорастущих растений на целинных и залежных почвах зависит от аэрации, влажности и других факторов. Применение рациональных приемов обработки и орошения создает условия для развития азотобактера в ризосфере как культурных, так и дикорастущих растений и тем самым способствует обогащению почв азотом.

### Выводы

1. Большинство дикорастущих растений целинных и залежных земель угнетает азотобактер. Изучено влияние растений на азотобактер в различных почвенно-климатических условиях Новосибирской области.

Азотобактер обнаруживался на выщелоченном среднемошном черноземе Тогучинского района в ризосфере ежи сборной и отсутствовал в ризосфере чины луговой, люцерны желтой и астрагала, а в залежной темносерой оподзоленной почве Новосибирского района, наоборот, не был найден в ризосфере ежи сборной и развивался в ризосфере остальных растений. Таким образом, почвенные условия в значительной мере определяют приживаемость и развитие азотобактера в ризосфере различных дикорастущих растений.

2. Азотобактер редко обнаруживается в ризосфере дикорастущих растений на различных целинных и залежных почвах Новосибирской области и Алтайского края.

3. Орошение естественных лугов до влажности 40—60% от полевой влагоемкости способствует усилению развития азотобактера в ризосфере дикорастущих растений целинных почв.

4. Обработка целинных почв создает более благоприятные условия аэрации, влажности и температуры, что обеспечивает максимальное развитие аэробного азотфиксатора — азотобактера — в почве и ризосфере растений.

Биологический институт  
Сибирского отделения АН СССР,  
Новосибирск

Поступила в редакцию  
12/XII 1959

### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Красильников, Микробиологические основы бактериальных удобрений. Изд-во АН СССР, М., 1945.
2. В. П. Заремба, Л. А. Синявская, Распространение азотобактера в ризосфере сельскохозяйственных растений и эффективность азотобактерина. Тр. Украинского науч.-иссл. ин-та соц. земледелия, Киев, т. 7, 1954, стр. 119—131.
3. I. W. Katznelson, J. W. Rovatt, Manometrik studies with rhizosphere soil. Canad. J. Mikrobiologia, № 3, 1957, p. 673—678.
4. С. П. Костычев, Выводы агрономического характера из работ по биодинамике почв. Тр. Ин-та с.-х. микробиологии, Л., т. 4, вып. 1, 1929, стр. 29—40.
5. F. Bukatsh, J. Heitzer, Beitrage zur Kenntnis der physiologie von «Azotobacter». Archiv für Mikrobiologie, Bd. 17, 1952, s. 79—96.
6. Н. Н. Сушкина, Эколого-географическое распространение азотобактера в почвах СССР. Изд-во АН СССР, М. — Л., 1949.
7. H. Poschenrieder, Über die Verbreitung des Azotobacter im Wurzelbereiche der pflanzen. Zbl. Bakteriologie (Abt. 2), Bd. 80, 1930, s. 369—378.
8. H. Wenzl, Boden bakteriologische Untersuchungen auf pflanzensoziologischer Grundlage. II. Azotobacter chroococcum in den Kulturböden des Gebietes östlich von Neusiedlersee. Zbl. Bakteriologie (Abt. 2), Bd. 89, 1934, s. 353—369.



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

И. А. КУНИН, В. Д. РАБКО

МАЯТНИКОВЫЙ ПРИБОР  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ

Известны маятниковые приборы для определения коэффициента трения качения при качении шара по плоскости [1] или шара по шару [2]. Практический интерес представляет также изучение трения качения цилиндрических тел. Особое значение это имеет для высокочастотных бесподшипниковых вибраторов планетарного типа [3, 4], в которых основным источником потерь является трение качения.

Ниже рассматривается теория маятниковых приборов для определения коэффициента трения качения как для шаровых, так и для цилиндрических поверхностей. Решение уравнения нелинейных колебаний позволит установить зависимость углового затухания маятника от сопротивления трения качения и выбрать оптимальные конструктивные параметры прибора.

Рассмотрим сначала схему прибора, показанную на рис. 1.

При отклонении маятника от положения равновесия на угол  $\alpha$  точка контакта цилиндров  $P$  перемещается на угол  $z\alpha$ , где

$$z = \frac{r}{R-r} \quad (1)$$

Для чистого качения, очевидно, достаточно, чтобы угол  $z\alpha$  был меньше угла трения скольжения  $\varphi$ <sup>1</sup>. Параметры маятника выбираются таким образом, чтобы колебания были достаточно медленными. В этом случае можно пренебречь сопротивлением воздуха и считать, что затухание колебаний обусловлено потерями на трение качения. Задача заключается в установлении связи между коэффициентом трения качения, угловым затуханием, периодом колебаний и параметрами маятника.

При качении без скольжения центр тяжести маятника  $C$  описывает гипоциклоиду, уравнение которой в параметрической форме при выбранной системе координат имеет вид:

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{r}{z} \cos z\alpha + a \cos \alpha, \\ y_c &= \frac{r}{z} \sin z\alpha - a \sin \alpha. \end{aligned} \quad (2)$$

Целесообразно принять следующую идеализацию для момента трения качения  $M$ . При  $\dot{\alpha} \neq 0$   $M = -\text{sign } \dot{\alpha} \cdot kmg \cos z\alpha$ , где  $k$  — коэффициент трения качения,  $m$  — масса маятника.

При  $\dot{\alpha} = 0$   $M = mg(rs \sin z\alpha + a \sin \alpha)$ , т. е. статический момент трения равен моменту силы тяжести. Наибольшее (по модулю) значение статического момента трения дости-

<sup>1</sup> Необходимое и достаточное условие с учетом момента инерции цилиндра см. в [5].

гается при некотором  $\alpha = \alpha^*$ , причем мы будем считать, что в этом случае статический момент трения совпадает с динамическим, т. е.

$$mg(rs \sin z\alpha^* + a \sin \alpha^*) = \pm kmg \cos z\alpha^*.$$

Учитывая, что  $\alpha^*$  малая величина, находим

$$|\alpha^*| = \frac{k}{r(z + \lambda)} \quad \left( \lambda = \frac{a}{r} \right). \quad (3)$$

Таким образом,

$$M(\alpha, \dot{\alpha}, \alpha^*) = \begin{cases} -\text{sign } \dot{\alpha} \cdot kmg \cos z\alpha & \text{при } \dot{\alpha} \neq 0, \\ mg(rs \sin z\alpha + a \sin \alpha) & \dot{\alpha} = 0, \alpha \leq \alpha^*, \\ mg(rs \sin z\alpha + a \sin \alpha) & \dot{\alpha} = 0, \alpha > \alpha^*. \end{cases}$$

Для кинетической и потенциальной энергии маятника имеем следующие выражения:

$$T = \frac{1}{2} m (\dot{x}_c^2 + \dot{y}_c^2 + \rho^2 \dot{\alpha}^2), \quad \Pi = mg x_c, \quad (4)$$

где  $\rho$  — радиус инерции маятника.

Составив функцию Лагранжа  $L = T - \Pi$ , запишем уравнение движения маятника:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{\alpha}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \alpha} = M$$

или, учитывая (4) и (2),

$$m[r^2 + \rho^2 + a^2 - 2 \arccos(z+1)\alpha] \ddot{\alpha} + mra(z+1) \sin(z+1)\alpha \cdot \dot{\alpha}^2 + mg(rs \sin z\alpha + a \sin \alpha) = M\alpha, \alpha, \alpha^*. \quad (5)$$

В качестве начальных приемем следующие условия:

$$\alpha = \alpha_0; \quad \dot{\alpha} = 0 \quad \text{при } t = 0. \quad (6)$$

Легко видеть, что уравнению (5) удовлетворяет  $\alpha = \text{const}$  при  $|\alpha_0| \leq |\alpha^*|$ , и, следовательно, имеет смысл считать, что  $|\alpha_0| > |\alpha^*|$ . Кроме того, мы будем рассматривать движение маятника в течение одного размаха, т. е. до момента времени первой остановки  $t_1$ , определяемого условием  $\dot{\alpha}(t_1) = 0$ . При этом  $\alpha(t_1)$  будет начальным значением для следующего размаха. Таким образом, будем искать решение (5) при условиях

$$0 < \alpha^* < \alpha_0 \leq \frac{1}{z} \varphi, \quad 0 < t \leq t_1. \quad (7)$$

Существенно, что правая часть уравнения (5) не зависит теперь от  $\dot{\alpha}$  и является аналитической функцией  $\alpha$ .

Возможность получения эффективного решения (5) связана с малостью величины начального отклонения  $\alpha_0$ . Это позволяет искать решение в виде ряда по степеням малого параметра, в качестве которого удобно принять  $\delta = \alpha_0 - \alpha^*$ . При этом необходимо договориться о сравнительной величине  $\alpha^*$  и  $\delta$ . Практический интерес представляет лишь случай  $\alpha^* \ll \delta$ , что мы и будем предполагать в дальнейшем. Точнее, мы будем считать, что

$$\frac{\alpha^*}{\delta} = \frac{k}{\alpha_0 r(z + \lambda) - k} \sim \alpha_0.$$

Предварительно приведем уравнение (5) к безразмерному виду. Пусть  $t_0$  — некоторое характерное время, конкретное значение которого будет определено ниже. Перейдем к безразмерному времени  $\tau$ , положив  $t = t_0 \tau$ , и введем безразмерные параметры

$$\sigma = \frac{gt_0^2}{r}, \quad \gamma = \frac{\rho}{r}. \quad (8)$$

Тогда (5) переписывается в виде

$$[1 + \gamma^2 + \lambda^2 - 2\lambda \cos(z+1)\alpha] \ddot{\alpha} + \lambda(z+1) \sin(z+1)\alpha \cdot \dot{\alpha}^2 + \sigma(\sin z\alpha + \lambda \sin \alpha) = \alpha^* \circ (z + \lambda) \cos z\alpha. \quad (9)$$



Здесь и в дальнейшем точками обозначено дифференцирование по  $\tau$ . Разложим  $\alpha$  в ряд по  $\delta$ :

$$\alpha = \alpha^* + \sum_{n=1}^{\infty} \xi_n(\tau) \delta^n, \quad (10)$$

подставим в (9) и, приравняв коэффициенты при одинаковых степенях  $\delta$ , получим следующую линейризованную систему рекуррентных уравнений для  $\xi_n$  (ограничимся третьим приближением):

$$\begin{aligned} \dot{\xi}_1 + \frac{\sigma(z+\lambda)}{(1-\lambda)^2 + \gamma^2} \xi_1 &= 0, \quad \dot{\xi}_2 + \frac{\sigma(z+\lambda)}{(1-\lambda)^2 + \gamma^2} \xi_2 = 0, \\ \dot{\xi}_3 + \frac{\sigma(z+\lambda)}{(1-\lambda)^2 + \gamma^2} \xi_3 &= -\frac{\lambda(z+\lambda)^2}{(1-\lambda)^2 + \gamma^2} \xi_1 (\dot{\xi}_1 \xi_1 + \xi_1^2) + \frac{\sigma(z^3+\lambda)}{6[(1-\lambda)^2 + \gamma^2]} \xi_1^3. \end{aligned} \quad (11)$$

Принимая во внимание (6) и (10), находим начальные условия для  $\xi_n$ :

$$\xi_1 = 1, \quad \xi_2 = \xi_3 = \dots = 0, \quad \dot{\xi}_n = 0 \quad \text{при } t = 0. \quad (12)$$

Определим  $t_0$  из условия

$$\frac{\sigma(z+\lambda)}{(1-\lambda)^2 + \gamma^2} = 1.$$

Отсюда, учитывая (8), получаем

$$t_0 = \sqrt{\frac{r[(1-\lambda)^2 + \gamma^2]}{g(z+\lambda)}}. \quad (13)$$

Систему (11) теперь можно переписать так:

$$\begin{aligned} \dot{\xi}_1 + \xi_1 &= 0, \quad \dot{\xi}_2 + \xi_2 = 0, \\ \dot{\xi}_3 + \xi_3 &= -4p \xi_1 (\dot{\xi}_1 \xi_1 + \xi_1^2) + 8q \xi_1^3, \end{aligned} \quad (14)$$

где

$$p = \frac{\lambda(z+\lambda)^2}{4[(1-\lambda)^2 + \gamma^2]}, \quad q = \frac{z^3 + \lambda}{48(z+\lambda)}.$$

Ее решение, удовлетворяющее условиям (12), имеет вид:

$$\xi_1 = \cos \tau, \quad \xi_2 = 0, \quad (15)$$

$$\xi_3 = (p + 3q) \tau \sin \tau + \frac{1}{4} (p + q) (\cos \tau - \cos 3\tau).$$

Заметим, что в отличие от обычной схемы разложения по малому параметру [6], мы не уничтожили вековой член  $\tau \sin \tau$  в решении. Это связано с тем, что решение определено лишь для первого размаха, т. е. в интервале  $0 < \tau < \tau_1$ .

Нетрудно показать, что с точностью до членов порядка  $\alpha_0^3$

$$\tau_1 = \pi [1 + \alpha_0^2 (p + 3q)] \quad (16)$$

и, следовательно, вековой член имеет тот же порядок, что и остальные. Подставив  $\tau_1$  в выражение для  $\alpha$ , находим:

$$\alpha_1 \equiv |\alpha(\tau_1)| = \alpha_0 - 2\alpha^* + 0(\alpha_0^4).$$

Отсюда, между прочим, следует, что для того, чтобы движение маятника не прекратилось после первого размаха, должно быть  $\alpha_1 > \alpha^*$ , т. е.  $\alpha_0 > 3\alpha^*$ .

Таким образом, мы установили искомую зависимость углового затухания  $\Delta\alpha = \alpha_0 - \alpha_1$  от  $\alpha^*$  и, следовательно, от коэффициента трения качения  $k$ , связанного с  $\alpha^*$  выражением (3). Наоборот, определив экспериментально  $\Delta\alpha$ , можно найти  $k$ . Имеем

$$k = \frac{r(z+\lambda)}{2} \Delta\alpha + 0(\alpha_0^4). \quad (17)$$

Для первого «полупериода» — времени первого размаха  $t_1$  — получаем выражение

$$t_1 = \pi \sqrt{\frac{r[(1-\lambda)^2 + \gamma^2]}{g(z+\lambda)}} \left[ 1 + \frac{\alpha_0^2}{4} \left( \frac{\lambda(z+\lambda)^2}{(1-\lambda)^2 + \gamma^2} + \frac{z^3 + \lambda}{4(z+\lambda)} \right) \right].$$

Отсюда, учитывая (17), находим следующее соотношение между относительным изменением двух последовательных «полупериодов» и коэффициентом трения качения:

$$\begin{aligned} \frac{t_1 - t_2}{t_1} &= 4\alpha_0 \left[ \frac{\lambda(z+\lambda)^2}{(1-\lambda)^2 + \gamma^2} + \right. \\ &\left. + \frac{z^3 + \lambda}{4(z+\lambda)} \right] \frac{1}{r(z+\lambda)}. \end{aligned} \quad (18)$$

В случае качения цилиндра или шара по плоскости  $R = \infty$  мы должны в приведенных выше выражениях положить  $z = 0$ . При внешнем качении цилиндра по цилиндру или шара по шару (рис. 2) центр тяжести маятника  $C$  описывает эпициклонду. Для этого случая в полученных формулах следует произвести замену  $r \rightarrow -r$ ,  $z \rightarrow -z$  ( $-r$ ) и  $\alpha \rightarrow -\alpha$ . Тогда, в частности,

$$k = \frac{r(\lambda - z)}{2} \Delta\alpha + 0(\alpha_0^4), \quad z = \frac{r}{R+r}. \quad (19)$$

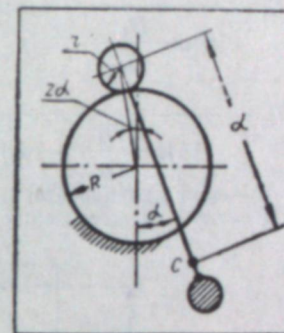


Рис. 2.

Институт горного дела  
Сибирского отделения АН СССР,  
Новосибирск

Поступила в редакцию  
2/XII 1960

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ахматов. Наклонный маятник и его применение к исследованию молекулярного механизма внешнего трения твердых тел. Дан СССР, т. 24, 869, 1939.
2. D. Tabo. The mechanism of rolling friction. Proc. Roy. Soc., Ser. A, v. 229, p. 198, 1955.
3. Л. П. Петрунькин. Основы теории глубинных вибраторов для уплотнения бетонных смесей. Тр. ВНИИСтройдормаш, VI, 1953.
4. И. А. Кунин. К теории планетарного вибратора в неограниченной жидкой среде. Изв. АН СССР, ОТН (механика и машиностроение), № 5, 1959.
5. Т. Леви-Чивита, У. Амальди, Курс теоретической механики, т. II, ч. II, ИЛ, 1951.
6. С. П. Тимошенко. Колебания в инженерном деле. Физматгиз, 1959.

А. Л. ГРОХОЛЬСКИЙ

#### РАСЧЕТ ЕМКОСТИ ПРЕЦИЗИОННОГО ПОРШНЕВОГО КОНДЕНСАТОРА ДЛЯ ЧАСТОТ ДО 300 Мгц

В последние годы в радиотехнической аппаратуре все чаще стали применяться диапазонные коаксиальные резонаторы с поршневой настройкой [1]. Как показали исследования, такие резонаторы, подвергнутые некоторым конструктивным изменениям, могут с успехом использоваться в качестве прецизионных высокочастотных образцовых конденсаторов с переменной емкостью.

Эти коаксиально-цилиндрические конденсаторы с бесконтактным поршнем, которые удобнее называть поршневыми, позволяют воспроизводить эффективную емкость до 100—150 пф на частотах в 200 Мгц с погрешностью 0,1—0,2%.



Схематическое устройство поршневого конденсатора представлено на рисунке ( $W_0, W_1, W_2$  — волновые сопротивления участков конденсатора).

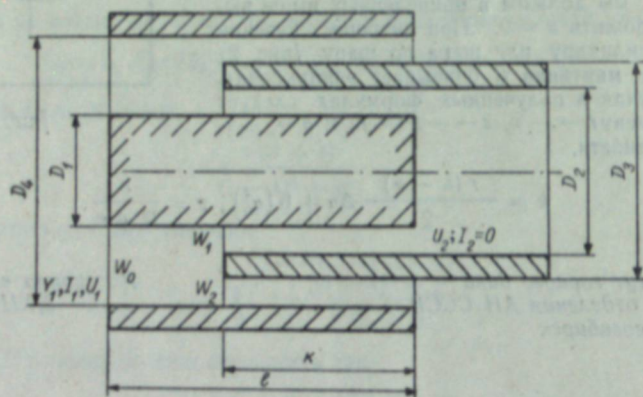
Закон изменения его емкости на низкой частоте описывается формулой.

$$C_n = C_1(l-k) + C_2 k, \quad (1)$$

где  $C_1 = \frac{1}{18 \ln \frac{D_4}{D_1}}$  — единичная емкость первого участка конденсатора, пф/мм,

$$C_2 = \frac{1}{18 \ln \frac{D_4}{D_3} + 18 \ln \frac{D_2}{D_1}} \quad \text{— то же для второго участка,}$$

$l$  — длина конденсатора, мм,  
 $k$  — глубина погружения поршня, мм.



Схематическое изображение поршневого конденсатора.

Эффективную емкость поршневого конденсатора при высокой частоте можно получить, рассмотрев распределение в конденсаторе токов и напряжений, граничные значения которых показаны на рисунке.

Ввиду того, что потери в электродах конденсатора, выполненных из меди или латуни, малы, целесообразно анализ проводить, исходя из теории длинных линий с бесконечно большой проводимостью.

Входное напряжение в конденсаторе связано с выходным выражением:

$$U_1 = U_2 \left[ \cos 2\pi \frac{k}{\lambda} \cdot \cos 2\pi \frac{l-k}{\lambda} - \frac{W_0}{W_1 + W_2} \sin 2\pi \frac{k}{\lambda} \cdot \sin 2\pi \frac{l-k}{\lambda} \right],$$

и ток

$$I_1 = j U_2 \left[ \frac{1}{W_1 + W_2} \sin \pi \frac{k}{\lambda} \cdot \cos 2\pi \frac{l-k}{\lambda} + \frac{1}{W_0} \cdot \sin 2\pi \frac{l-k}{\lambda} \cdot \cos 2\pi \frac{k}{\lambda} \right].$$

Входная проводимость линии при  $l < \frac{\lambda}{4}$ , как известно, имеет емкостный характер, и ее можно заменить такой проводимостью эквивалентного конденсатора  $C_n$ , чтобы выполнялось условие:

$$Y_1 = \frac{I_1}{U_1} = j \omega C_n;$$

после преобразования получим

$$C_n = \left[ \frac{\operatorname{tg} 2\pi \frac{l-k}{\lambda}}{\omega W_0} + \frac{\operatorname{tg} 2\pi \frac{k}{\lambda}}{\omega (W_1 + W_2)} \right] \times \frac{1}{1 - \frac{W_0}{W_1 + W_2} \operatorname{tg} 2\pi \frac{k}{\lambda} \cdot \operatorname{tg} 2\pi \frac{l-k}{\lambda}} \quad (2)$$

Первый и второй члены в квадратных скобках представляют собой высокочастотные емкости соответствующих частей конденсатора.

Как было показано ранее [2], высокочастотную емкость коаксиально-цилиндрического конденсатора можно выразить через его низкочастотную емкость и частотную поправку, так что:

$$\frac{\operatorname{tg} 2\pi \frac{l-k}{\lambda}}{\omega W_0} = C_1(l-k)(1+p_1)$$

и

$$\frac{\operatorname{tg} 2\pi \frac{k}{\lambda}}{\omega (W_1 + W_2)} = C_2 k(1+p_2),$$

где

$$p_1 = \frac{1}{3} \left( 2\pi \frac{l-k}{\lambda} \right)^2 + \frac{2}{15} \left( 2\pi \frac{l-k}{\lambda} \right)^4 + \frac{17}{315} \left( 2\pi \frac{l-k}{\lambda} \right)^6 + \dots;$$

$$p_2 = \frac{1}{3} \left( 2\pi \frac{k}{\lambda} \right)^2 + \frac{2}{15} \left( 2\pi \frac{k}{\lambda} \right)^4 + \frac{17}{315} \left( 2\pi \frac{k}{\lambda} \right)^6 + \dots$$

Учитывая, что отношение волновых сопротивлений можно заменить отношением единичных емкостей так, что  $\frac{W_0}{W_1 + W_2} = \frac{C_2}{C_1}$ , получим окончательно.

$$C_n = \frac{C_n + C_1 p_1 (l-k) + C_2 p_2 k}{1 - \frac{C_2}{C_1} \operatorname{tg} 2\pi \frac{k}{\lambda} \cdot \operatorname{tg} 2\pi \frac{l-k}{\lambda}} \quad (3)$$

Основной член выражения (3)  $C_n$  целесообразней не рассчитывать, а измерять, используя низкочастотные образцовые меры. Это приведет к повышению точности из-за автоматического учета действия краевых полей.

Экспериментальные исследования показали, что поршневые конденсаторы позволяют воспроизводить эффективную емкость на частоте 200 Мгц с погрешностью  $0,1-0,2\% \pm 0,05$  пф.

Необходимо особо подчеркнуть, что упомянутая точность достижима только тогда, когда будет обеспечено постоянство всех диаметров конденсатора на всем протяжении электродов в пределах  $\pm 2 \div 3$  мк.

Институт автоматики и электрометрии  
Сибирского отделения АН СССР,  
Новосибирск

Поступила в редакцию  
1/III 1961

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. В. Плодухин, Коаксиальные диапазонные резонаторы. Советское радио, М., 1956.
2. А. Л. Грохольский, Образцовый высокочастотный конденсатор для частот до 200—300 Мгц. Измерительная техника, № 6, 1960.

А. Я. ВЛАСОВ, И. В. АНТОНОВ

#### ТЕМПЕРАТУРНЫЙ МАГНИТНЫЙ ГИСТЕРЕЗИС И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГИСТЕРЕЗИС МАГНИТОСТРИКЦИИ НИКЕЛЯ И НИКЕЛЬ-МЕДНЫХ СПЛАВОВ

При циклическом изменении температуры ферромагнетика, помещенного в постоянное магнитное поле, изменяются как абсолютные значения констант анизотропии и магнитоэлектричества его, так и величины внутренних напряжений, что вызывает обратимые и необратимые смещения границ доменов. Вследствие этого возникают температурный



магнитный гистерезис — ТМГ и температурный гистерезис магнитоотрицания — ТГМ. Однако второй вид гистерезиса по своему характеру несколько отличается от ТМГ. Тем, что магнитоотрицательные эффекты вызваны только 90-градусными смещениями, в то время как гистерезисные явления намагниченности обусловлены и 180-градусными и 90-градусными смещениями.

Явление ТМГ изучено довольно подробно [1—4]. Температурный гистерезис магнитоотрицания изучен еще недостаточно [5, 6]. Представляет несомненный интерес исследовать это явление во взаимосвязи с явлением ТМГ, так как, несмотря на указанные различия в происхождении, они наблюдаются в одних и тех же полях и имеют качественно одинаковые закономерности.

Данная работа посвящена изучению ТМГ и ТГМ по циклу А (нагревание—охлаждение) в полях до 50 э и в интервале температур от 15 до 300°С на никеле и никель-медных сплавах.

Система никель—медь представляет особый теоретический интерес. Входящие в нее элементы — ферромагнетик и диамагнетик — являются соседями в периодической системе элементов. Данные сплавы в широкой области концентраций образуют, как известно, твердые растворы. Под влиянием меди понижается точка Кюри и уменьшается константа энергетической анизотропии, что делает возможным в процессе измерений использовать сравнительно невысокие температуры и относительно слабые магнитные поля для получения технического насыщения. Эти простые свойства никель-медных сплавов и низкие точки Кюри несомненно удобны для экспериментирования. Отсутствие данных по ТМГ и ТГМ для этих важных сплавов и заставило выбрать их в качестве объекта исследований.

Все измерения производились на образце из электролитического никеля и двух образцах (10 и 20 ат. % меди), изготовленных из электролитического никеля и меди, сплавленных в высокочастотной печи. Размеры образцов: из никеля — длина 250 мм,

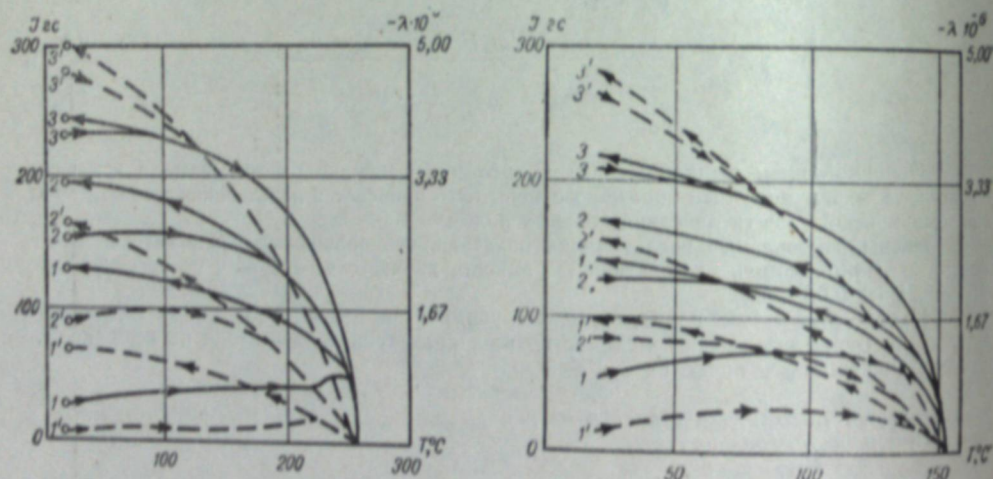


Рис. 1. Температурный магнитный гистерезис никель-медного сплава с 10 ат. % меди (сплошные кривые) и температурный гистерезис магнитоотрицания (штриховые кривые) в полях: (1—1) 1,95 Оэ; (2—2) 6,5 Оэ; (3—3) 19,5 Оэ.

Цифры со штрихами соответствуют магнитоотрицательным кривым.

диаметр 2,18 мм; с 10 ат. % меди — длина 140 мм, диаметр 2 мм; с 20 ат. % меди — длина 250 мм, диаметр 2,017 мм. Для снятия внутренних напряжений и выравнивания концентрации твердого раствора образцы перед измерениями подвергались отжигу в вакууме при температуре 1000°С в течение 5 ч с последующим медленным охлаждением в магнитной защите.

Исследования проводились на установке, позволяющей одновременно измерять намагниченность и магнитоотрицание образца, в интервале температур от 15 до 400°С. Измерения намагниченности проводились на высокочувствительном вертикальном аstaticком магнитометре.

Магнитоотрицание измерялось с помощью специально сконструированного прибора, работающего по методу механооптического рычага с компенсацией теплового расширения образца. Прибор, обладая достаточной чувствительностью ( $0,28 \cdot 10^{-7}$ ), позволял надежно фиксировать нуль магнитоотрицания при неизменной температуре.

обеспечивал повторяемость измерений и позволял применять размагничивание образца коммутацией постоянного тока с переходом на переменный ток с убывающей до нуля амплитудой.

Температура образца определялась с помощью хромель-копелевой термопары, находящейся в контакте со средней частью его.

Измерение ТМГ производилось одновременно с измерением ТГМ, также по циклу нагревание—охлаждение. Намагниченность и магнитоотрицание образца фиксировались через каждые 6—8 градусов.

На рис. 1 приведены результаты измерений намагниченности и магнитоотрицания никель-медного сплава с 10 ат. % меди при циклическом изменении его температуры, различных величинах внешнего магнитного поля (1,95; 6,5 и 19,5 э). Температура во всех случаях изменялась в интервале от 15 до 300°С.

Результаты измерений на сплаве с 20 ат. % меди в полях 1,3; 2,6 и 9,1 э показаны на рис. 2.

Во всех приведенных случаях по мере роста температуры в слабых полях наблюдается сначала рост намагниченности, а затем, с приближением к области Кюри, резкий спад до нуля. Аналогичная картина получается и для никелевого образца.

При охлаждении образцов от температур выше точки Кюри сразу же после перехода через точку Кюри намагниченность резко возрастает. При дальнейшем снижении температуры вплоть до исходной рост намагниченности становится более медленным.

Рост магнитоотрицания в процессе охлаждения происходит более интенсивно и почти по линейному закону.

Ветви охлаждения для намагниченности и магнитоотрицания всегда лежат выше ветвей нагрева и только в сравнительно больших полях они совпадают.

Из рис. 1 и 2 видно также, что в слабых полях ветви нагрева намагниченности и магнитоотрицания имеют максимумы, которые по мере роста поля смещаются в сторону низких температур. Появление этих максимумов и их смещение можно объяснить температурной зависимостью намагниченности и магнитной анизотропии.

Измерения показали, что изменения намагниченности  $\Delta I = I - I_0$  и магнитоотрицания  $\Delta \lambda = \lambda - \lambda_0$  в результате циклического изменения температуры по мере роста поля сначала увеличиваются, достигая максимума в полях 2—2,5 э для намагниченности и около 4,5 э для магнитоотрицания (рис. 3). С дальнейшим ростом поля величины гистерезисов  $\Delta I$  и  $\Delta \lambda$  убывают и в интервале полей от 10 до 40 э обращаются в нуль.

Полученные результаты по зависимости ТМГ и ТГМ от величины внешнего магнитного поля согласуются с современными представлениями о механизме технического намагничивания [7, 8], согласно которым в очень слабых полях смещения границ протекают в основном обратимо. По мере роста поля доля необратимых смещений возрастает и при некотором поле достигает своего максимального значения. Именно при этих полях и наблюдаются максимальные значения температурных гистерезисов намагниченности и магнитоотрицания. При переходе в область вращения гистерезисные явления по мере роста поля уменьшаются и в полях около 40 э обращаются в нуль.

На рис. 3 видно также, что максимумы ТМГ и ТГМ не совпадают. Это объясняется тем, что первый вид гистерезиса обусловлен 180- и 90-градусными смещениями, в то время как ТГМ — только 90-градусными смещениями. Поскольку второй вид смещений наступает в более сильных полях, и максимум ТГМ наступает несколько позднее, чем максимум ТМГ.

Величины ТМГ и ТГМ заметно зависят от концентрации неферромагнитной

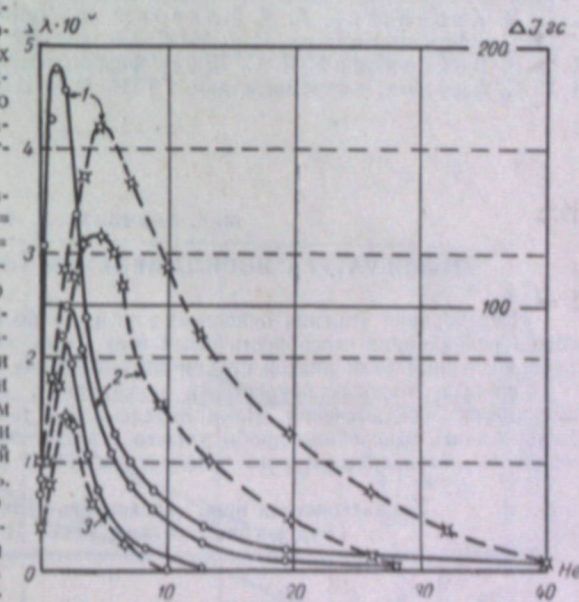


Рис. 3. Зависимость ТМГ (сплошные кривые) и ТГМ (штриховые кривые) никель-медных сплавов от величины внешнего магнитного поля. 1 — электролитический никель; 2 — 10 ат. % меди, остальное никель; 3 — 20 ат. % меди, остальное никель.



компоненты сплава — меди (см. рис. 3). Наибольшие значения гистерезисов наблюдаются у чистого никеля. С повышением концентрации меди они заметно убывают.

С повышением в сплаве концентрации меди максимумы изучаемых гистерезисов смещаются в сторону слабых полей, что особенно резко выражено на рис. 3 для ТГМ. Если оценивать величины ТМГ и ТГМ площадями, ограниченными ветвями нагрева и охлаждения намагниченности и магнитострикции, то получается аналогичная рис. 3 картина со всеми описанными выше следствиями.

Институт физики  
Сибирского отделения АН СССР,  
Красноярск  
Кемеровский педагогический институт

Поступила в редакцию  
20/XII 1960

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Я. С. Шур, В. И. Дрожжина, О температурном магнитном гистерезисе в ферромагнетиках. Изв. АН СССР, сер. физ., т. 11, № 5, 539, 1947.
2. Я. С. Шур, Н. А. Баранова, О температурном магнитном гистерезисе в ферромагнетиках. ЖЭТФ, т. 20, 183, 1950.
3. Д. А. Лаптей, А. И. Дрокин, Зависимость температурного гистерезиса от магнитного состояния образца. Изв. высших учебн. завед. (физика), № 4, 43, 1959.
4. Л. В. Киренский, Д. А. Лаптей, А. И. Дрокин, Р. П. Смолин, Температурный магнитный гистерезис монокристаллов кремнистого железа, Физика металл. и металловедение, т. 9, вып. 3, 337, 1960.
5. Л. В. Киренский, А. Я. Власов, Температурный гистерезис магнитострикции. Изв. АН СССР, сер. физ., т. 16, № 6, 673, 1952.
6. Л. В. Киренский, А. Я. Власов и др., Температурный и вращательный гистерезис в ферромагнетиках. Изв. АН СССР, сер. физ., т. 21, № 9, 1262, 1957.
7. С. В. Воиновский, Я. С. Шур, Ферромагнетизм. ГТТИ, М.—Л., 1948.
8. Н. С. Акулов, Ферромагнетизм. ГТТИ, М.—Л., 1939.

М. С. ОРЕНБАХ, И. А. ЯВОРСКИЙ

#### ТЕМПЕРАТУРА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ОКИСЛЕННЫХ УГЛЕЙ

Исследования горения окисленных углей в пылевзвеси показали, что с выветриванием реакционная способность углей всех марок возрастает. Исключение составляют слабоокисленные угли низкой стадии метаморфизма [1].

Одним из важных показателей реакционных свойств окисленных углей является температура воспламенения. Нами определялась температура воспламенения в слое. Исследовались окисленные пробы тощего угля Кузбасса и их коксы, полученные при медленном нагревании угля до температуры 850°С (см. таблицу).

Характеристика проб окисленного угля марки Т Кузбасса  
(Бургунские штольни, пласт II Западный)

№ пробы	W <sup>a</sup> , %	A <sup>c</sup> , %	V <sup>r</sup> , %	C <sup>r</sup> , %	H <sup>r</sup> , %	$\frac{Q^r}{kкал}$ ккал/кг	Кокс A <sup>c</sup> , %
1	0,87	8,85	9,04	90,1	4,35	8350	8,5
2	3,96	7,67	17,1	84,2	3,70	7350	9,22
3	5,95	15,1	23,9	78,8	3,25	6510	21,8
4	9,7	15,6	30,4	73,2	3,00	6080	22,7

Опыты проводились на лабораторной установке, изготовленной ранее для определения реакционных свойств коксов [2]. Установка состояла из вертикальной электрической печи, в которую помещался стаканчик диаметром 28 мм с сетчатым дном, заполненный навеской исследуемой пробы топлива (фракции 1—2 мм). Стаканчик лодвешивался к плечу торсионных весов. Температура в печи и в слое измерялась хромель-алюмелевой термопарой с диаметром королька 0,4 мм.

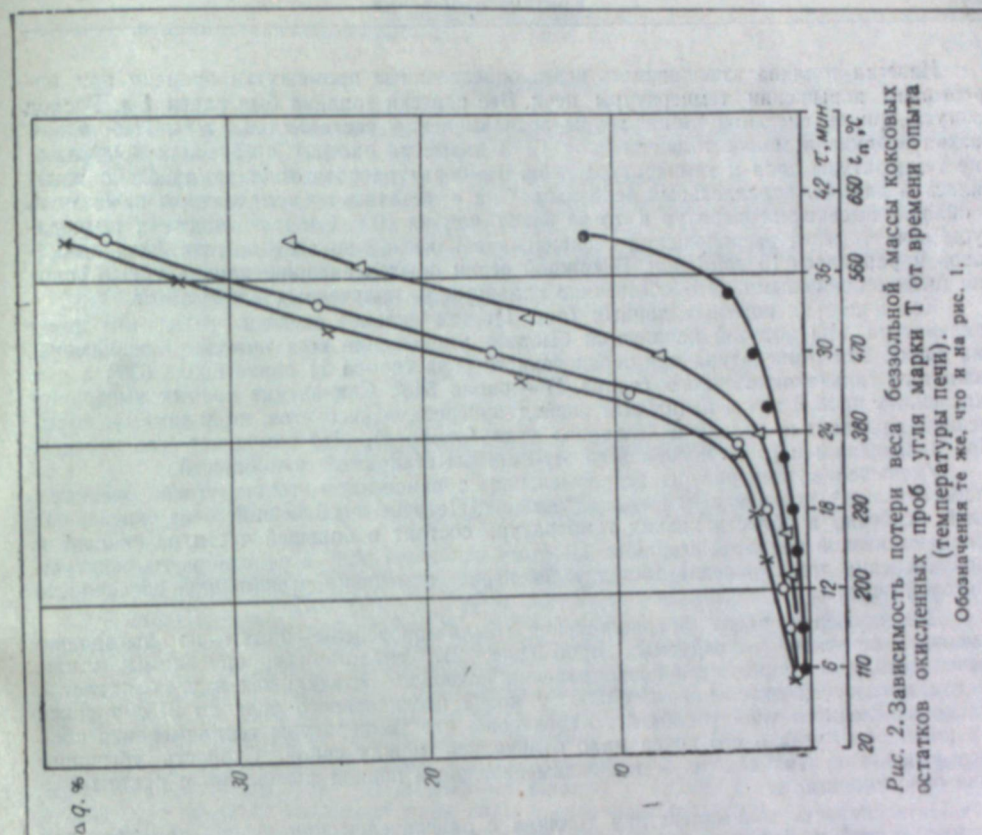


Рис. 2. Зависимость потери веса беззолыной массы коксовых остатков окисленных проб угля марки Т от времени опыта (температуры печи).  
Обозначения те же, что и на рис. 1.

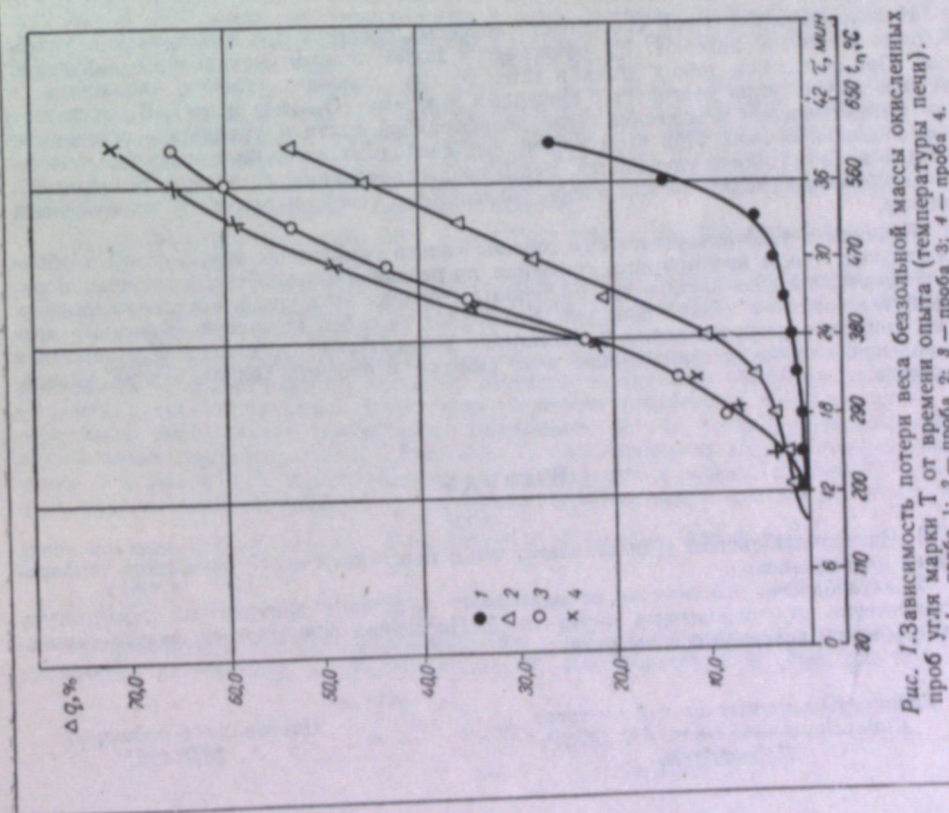


Рис. 1. Зависимость потери веса беззолыной массы окисленных проб угля марки Т от времени опыта (температуры печи).  
1 — проба 1; 2 — проба 2; 3 — проба 3; 4 — проба 4.



Навеска топлива взвешивалась через определенные промежутки времени при непрерывном повышении температуры печи. Вес навески топлива был равен 1 г. Расход воздуха при определении температуры воспламенения составлял 0,4 м/л. Небольшой расход воздуха и малая толщина слоя (2–3 диаметра частиц) обеспечили приближенные температуры слоя к температуре печи. Температура слоя топлива отдельно изменялась в опытах, параллельных основным. Она отличалась от температуры печи лишь в области высоких температур и то не более, чем на 100°. Скорость подъема температуры печи у места расположения стаканчика с навеской во всех опытах была одинаковой и равнялась 15 град/мин. В каждой серии опытов внешние аппаратные условия были одинаковыми. Это обеспечило сравнимость полученных результатов.

Как видно из опытных данных (рис. 1), чем сильнее окислен уголь, тем ниже температура, при которой начинается быстрое уменьшение веса навески (воспламенения слоя). Эта температура для неокисленного угля (проба 1) равна около 590°, а для сажистого сильно окисленного (проба 4) — около 340°. Совпадение кривых выгорания окисленных проб 3 и 4 в начальный период прогрева объясняется, по-видимому, повышенной влажностью сильно окисленного угля (проба 4), что замедляет его прогрев. При дальнейшем нагреве потеря веса этой пробы становится наибольшей.

Уменьшение температуры воспламенения с окислением тощих углей, очевидно, слабо связано с повышенным выходом летучих. Летучие, выделяющиеся из окисленных углей, особенно в области низких температур, состоят в большей части из окислов и обладают низкой теплотой сгорания. Поэтому основную роль в снижении температуры воспламенения при окислении тощих углей играет изменение реакционной способности коксовой основы.

Для проверки этого предположения были проведены опыты по выгоранию коксовых остатков исследуемых проб (рис. 2), аналогичные описанным выше. Выяснилось, что температура воспламенения коксового остатка, как и угля, падает с ростом показателя окисленности с 550° у кокса неокисленного угля до 315° у кокса сильно окисленного угля (проба 4). Характерно, что температуры воспламенения слоя каждой пробы угля и его кокса мало отличались между собой. Скорость убывания веса углей, как и их коксов, в довоспламенительный период возрастает с ростом степени окисленности.

Интенсивность взаимодействия топлива с окислителем при низких температурах зависит от химической активности угольного вещества. Следовательно, при выветривании возрастает реакционная способность как тощего угля, так и его коксового остатка. Полученные данные совпадают с результатами исследования горения этих же проб в пылевзвеси [1].

Изменение реакционной способности коксовых остатков при выветривании углей, как было отмечено ранее [1, 3], объясняется молекулярным механизмом окисления углей. При окислении тощих углей в естественных условиях углерод, входящий в коксовую основу угля, реагирует с внешними агентами ( $O_2$ ,  $H_2O$  и др.). В результате этого расшатываются химические связи периферийной части и углерода — углеродные связи коксовой основы. При этом количество свободных валентных связей увеличивается, а их доступность улучшается. Это и предопределяет более низкую температуру, при которой происходит воспламенение окисленных углей марки Т и их коксовых остатков.

Причины неудовлетворительного горения сильно окисленных тощих углей в обычных слоевых топках кроются не в снижении их реакционных свойств, а главным образом в чрезмерной влажности и низкой теплоте сгорания этих углей, а также в наличии большого количества мелких фракций. Это влечет за собой нарушение топочного процесса, снижение нагрузки котла и повышение механического недожога. Как показали наблюдения, слабоокисленные тощие угли сгорают в слоевых топках вполне удовлетворительно.

### Выводы

1. На примере тощего угля показано, что с окислением углей снижается температура их воспламенения.
2. Установлено, что летучие не оказывают заметного влияния на температуру воспламенения слоя окисленных тощих углей. Последняя определяется физико-химическим строением коксовой основы угля.

Транспортно-энергетический институт  
Сибирского отделения АН СССР,  
Новосибирск

Поступила в редакцию  
20 II 1961

### ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Оренбах, Изменение реакционных свойств каменных углей при выветривании. Изв. СО АН СССР, № 11, 1960.
2. Г. П. Алаев, Реакционная способность коксовых остатков петрографических микрокомпонентов каменного угля. Тр. Трансп.-энергетич. ин-та СО АН СССР, вып. VIII. Вопросы топочной техники, 1959.
3. М. С. Оренбах, К вопросу об установлении теплотехнической характеристики и особенностях механизма окисления углей. Тр. Трансп.-энергетич. ин-та СО АН СССР, вып. VIII. Вопросы топочной техники, 1959.

Г. И. КОЖЕВНИКОВ, С. И. КУЗНЕЦОВ

### О КИНЕТИКЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕЛЕНИТА С СОДОЙ

В последние годы была разработана технологическая схема комплексной переработки глиноземистых доменных шлаков на глинозем и вяжущие стройматериалы [1].

Существенным недостатком этой схемы является применение дорогостоящих вяжущих печей спекания. Однако, как показали предварительные опыты, спекание шлаков можно заменить сплавлением их с содой и известью [2]. При этом можно использовать физическое тепло расплавленных шлаков и исключить их последующее дробление и измельчение. Замена процесса спекания сплавлением позволит значительно снизить себестоимость производства глинозема из доменных шлаков.

Однако использование этого метода осложняется недостаточной изученностью процесса взаимодействия расплавленных шлаков с содой. В частности, отсутствуют сведения о скорости взаимодействия соды с основным составляющим шлака — геленитом — при высоких температурах, от которой зависит как извлечение окиси алюминия, так и потери соды при вводе ее в расплав. Изучение этого вопроса и составляет цель настоящей работы.

Проведенные ранее предварительные опыты показали, что при низких температурах (ниже 850°) взаимодействие геленита с содой протекает чрезвычайно медленно [3]. Поэтому в данной работе кинетика процесса изучалась при повышенных температурах 900, 1000, 1100 и 1200°С, имеющих практический интерес.

Смеси с молярным отношением  $Na_2O : 2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 = 1 : 1$  помещались в платиновом тигле в печь, предварительно нагретую до заданной температуры, в которой выдерживались в течение разных сроков. По окончании опыта полученный спек весом 5 г измельчали и подвергали выщелачиванию 0,5N раствором щелочи при 60° и Ж : Т = 10 : 1 в течение 20 мин. Количество окиси алюминия в растворе после выщелачивания определялось объемным анализом.

По количеству окиси алюминия А, перешедшему в раствор, определялась степень взаимодействия геленита с содой.

На основании усредненных и экспериментальных данных построены изотермы, характеризующие зависимость степени взаимодействия геленита с содой от продолжительности спекания при различных температурах (рис. 1).

С помощью полученных кривых графически определялась скорость процесса взаимодействия в разные периоды спекания. Методом зеркального отображения через точки кривых, соответствующих одинаковому проценту извлечения окиси алюминия при различных температурах, проводились радиальные линии, перпендикулярные кривой в этой точке (например, линия СД на рис. 1). Перпендикуляр ОК, восстановленный в точке О к линии СД, представляет собой касательную к кривой в точке О. Тангенс угла наклона этой касательной к оси абсцисс дает численное значение скорости процесса взаимодействия, так как  $V = \frac{d(A)}{d\tau}$ . Например, для А = 75% при 900°С

$$V = \frac{d(A\%)}{d\tau} = \frac{5}{15} = 0,333 \frac{\%}{\text{мин}}$$

В дальнейшем скорость взаимодействия определялась расчетным путем с учетом количества оставшегося в спеке глинозема В, выраженного в %. Так, для А = 75%

$$V = \frac{d(A)}{B} = \frac{0,333}{30} = 0,011 \frac{\%}{\% \cdot \text{мин}}$$



Рассчитанные подобным методом значения скоростей взаимодействия (при различных температурах) представлены на рис. 2. В таблице приведены значения скоростей взаимодействия для  $A = 75\%$  и  $A = 80\%$  при различных температурах.

### Зависимость скорости взаимодействия геленита с содой от температуры

% извлечения	$T = 1173^\circ$		$T = 1273^\circ$		$T = 1373^\circ$		$T = 1473^\circ$	
	$\frac{1}{T} \cdot 10^3 = 85,2$		$\frac{1}{T} \cdot 10^3 = 78,5$		$\frac{1}{T} \cdot 10^3 = 72,8$		$\frac{1}{T} \cdot 10^3 = 67,9$	
	% · мин	lg V	% · мин	lg V	% · мин	lg V	% · мин	lg V
75	0,011	-1,95	0,066	-1,180	0,330	-0,480	0,670	-0,170
80	0,008	-2,10	0,040	-1,400	0,200	-0,700	0,500	-0,300

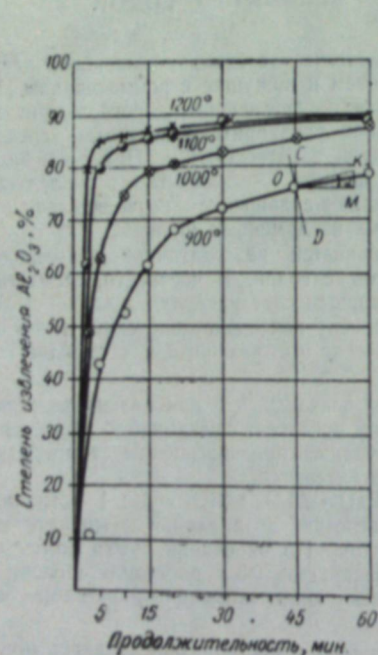
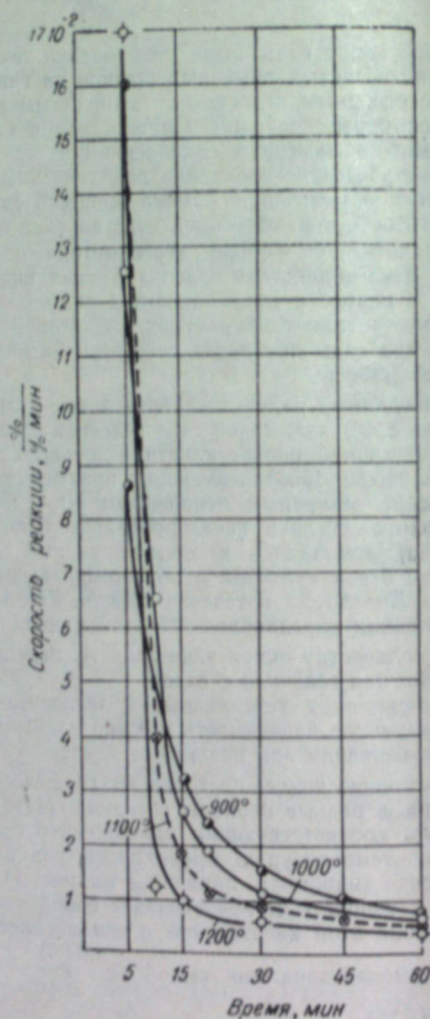


Рис. 1. Зависимость степени извлечения окиси алюминия из геленита от продолжительности спекания его с содой при различных температурах.

Рис. 2. Зависимость скорости взаимодействия геленита с содой от времени при различных температурах.



Полученные данные были использованы для расчета энергии активации процесса по уравнению Аррениуса

$$V = K_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}}$$

или

$$\lg V = -\frac{E}{4,575 \cdot T} + \lg K_0.$$

где  $V$  — скорость процесса,

$K_0$  — константа скорости,

$E$  — энергия активации,

$R$  — газовая постоянная, равная  $7,987 \text{ ккал/г} \cdot \text{моль}$ ,

$T$  — температура,  $^\circ\text{К}$ .

Если на оси ординат откладывать значения логарифма скорости процесса, а на оси абсцисс  $\frac{1}{T}$ , то эта зависимость будет выражать уравнение прямой, тангенс угла

наклона которой равен  $-\frac{E}{4,575}$ , а отрезок, отсекаемый ею на оси ординат, будет

соответствовать значению логарифма константы  $K_0$ . Полученные данные приведены на рис. 3. При составлении этого рисунка сопоставлялись скорости взаимодействия реагентов при различных температурах, но одинаковом проценте извлечения, чтобы иметь в рассматриваемый момент времени в шихтах равные слои продуктов реакции и одинаковые реакционные поверхности.

Таким образом, величины кажущейся энергии активации ( $E$ ) были найдены умножением тангенса угла наклона кривой ( $\lg V = -\frac{1}{T}$ ), соответствующей рассматриваемому проценту извлечения, на коэффициент 4,575.

Например, при  $A = 75\%$

$$-\frac{E}{4,575} = -\frac{(-0,17 + 1,95)}{(85,2 - 67,9)} \cdot 10^3 = -\frac{1,78}{17,3} \cdot 10^3; E_{75} = 47 \frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$$

Аналогично  $E_{80} = 47,6 \text{ ккал/моль}$ .

К сожалению, выполнить расчеты энергий активации для более низких процентов извлечения окиси алюминия не представилось возможным, поскольку в этом случае скорость процесса очень велика и полученные экспериментальные данные недостаточно точны для такого расчета.

Анализ изменения зависимости логарифма скорости реакции от температуры (см. рис. 3) указывает на то, что при температуре выше  $1100^\circ$  высокое извлечение окиси алюминия, например  $80\%$ , можно получить быстрее. Наблюдающееся при этом некоторое увеличение энергии активации лежит в пределах точности эксперимента.

Как видно из рис. 1, высокое извлечение окиси алюминия за первые 5 мин свидетельствует о значительной скорости взаимодействия геленита с содой. Поэтому на этом участке трудно судить о характере лимитирующей стадии процесса. По-видимому, в первоначальный момент подавляющая часть поверхности зерен геленита соприкасается с жидкой содой и поэтому происходит непосредственное взаимодействие реагентов. Чем выше температура, тем больше скорость взаимодействия (см. рис. 2) и, следовательно, тем быстрее появляются твердые продукты реакции. По мере протекания процесса количество их увеличивается, в результате чего исходные реагенты отделяются друг от друга. Очевидно, вследствие этого на извлечение окиси алюминия накладывается влияние диффузии исходных веществ через растущий по ходу взаимодействия слой продуктов реакции.

Если допустить, что механизм взаимодействия геленита с содой сводится к реакционной диффузии, то для описания кинетических данных можно будет воспользоваться известными диффузионными уравнениями.

Однако применение имеющихся в литературе уравнений для характеристики кинетики процесса в нашем случае оказывается недостаточно продуктивным. Например, известное уравнение Яндера кинетики реакций между твердыми веществами (см. [4]) справедливо лишь при весьма малых степенях превращения реагента, покрываемого слоем продукта в процессе реакции. Оказывается, что уравнение диффузионной кинетики реакций в сферических частицах, предложенное Гинстлингом и Броунштейном [5],

$$1 - \frac{2}{3} G(1 - G)^{\frac{2}{3}} = \frac{K}{K^*} \cdot \tau,$$

где  $G$  — доля прореагировавшего «покрываемого» компонента реакционной смеси,

$R$  — первоначальный радиус его зерен,

$\tau$  — время,

$K$  — постоянная,

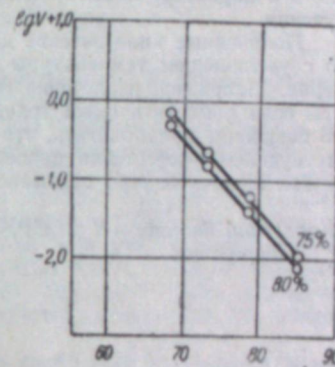


Рис. 3. К расчету энергии активации.



не распространяется на взаимодействие геленита с содой, так как значение  $K$  не сохраняется постоянным.

Уравнение Гинстлинга, выведенное для случая диффузии в сферические частицы одинакового диаметра, используется преимущественно для описания кинетики реакций в порошкообразных смесях. В этом уравнении постоянная  $K$  зависит от удельного и молекулярного веса продукта реакции, молекулярного веса диффундирующего реагента, его концентрации на внешней поверхности слоя продукта и коэффициента диффузии через этот слой.

По-видимому, в отдельных случаях, когда взаимодействие идет по схеме: твердое + жидкость = твердое<sub>1</sub> + твердое<sub>2</sub> + газ, необходимо учитывать и другие факторы, например изменение формы частиц, влияние скорости теплопередачи и т. д.

Таким образом, на основании полученных данных не представляется возможным судить о характере лимитирующей стадии процесса. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Полученные кинетические данные о взаимодействии геленита с содой показывают, что с увеличением температуры возрастает скорость процесса образования алюмината натрия. Например, извлечение 80—85% окиси алюминия в раствор уже можно получить, если поместить смесь геленита с содой на 3—5 мин. в печь, нагретую до 1200°. Это позволяет предполагать, что при введении в расплавленный шлак соды (при соответствующем оформлении процесса) потери ее за счет улетучивания будут невелики, так как щелочь быстро связывается в алюминат натрия.

Уральский филиал АН СССР,  
Свердловск

Поступила в редакцию  
29/III 1960

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. П. Ходал, С. И. Кузнецов, А. И. Иванов, О. В. Серебренникова, Г. Н. Кожевников. Легкие металлы, № 1, 3—6, 1958.
2. Л. П. Ходал, А. И. Иванов. Тр. ВСФАН СССР, вып. 3, 237—241, 1958.
3. Г. Н. Кожевников. Тр. Ин-та металлургии УФАН СССР, вып. 4, 65—70, 1958.
4. П. П. Будников, А. С. Бережной. Реакции в твердых фазах. Промстройиздат, 1943.
5. А. М. Гинстлинг, Б. И. Броунштейн. ЖПХ, т. 23, 1249, 1950.

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

#### ЛИТЕРАТУРА ПО ИСТОРИИ СИБИРИ, ВЫШЕДШАЯ В 1960 ГОДУ

(Краткий критико-библиографический обзор)

1960 г. войдет важной вехой в сибирскую историографию. Крупным событием этого года явилась научная конференция по истории Сибири и Дальнего Востока, организованная отделением исторических наук АН СССР, Сибирским отделением АН СССР и Министерством высшего и среднего специального образования РСФСР<sup>1</sup>.

В докладах акад. Е. М. Жукова «Основные проблемы развития исторической науки в свете решений XXI съезда и задачи изучения истории Сибири и Дальнего Востока», докторов исторических наук А. П. Окладникова «300 лет сибирской археологии и ее сегодняшний день», Л. П. Поталова «Задачи этнографического изучения народов Сибири в связи с решениями XXI съезда КПСС» и В. И. Шункова «Основные проблемы изучения истории Сибири XVII—XIX вв.»<sup>2</sup> были подведены итоги и намечены задачи дальнейшего изучения археологии, этнографии и истории Сибири и Дальнего Востока.

Конференция, обсудившая свыше ста докладов и сообщений на самые разнообразные темы краевой истории, показала, что исследование истории Сибири идет широким фронтом: от далекого прошлого до наших дней<sup>3</sup>. Об этом же говорят и материалы второй научной конференции по истории, археологии и этнографии Дальнего Востока, состоявшейся в связи с 100-летием Владивостока в июне 1960 г.<sup>4</sup>

Конференция показала, что изучение истории края поставлено на прочные научные основы. До революции история Сибири — колоссальнейшего края, составляющего почти половину территории России, — изучалась случайными людьми, часто мало подготовленными к серьезной научной работе, делавшими свое дело в одиночку, на собственный страх и риск. Совсем иная картина в исследовании истории края в советское время. Теперь ею занимаются десятки научно-исследовательских учреждений, высших учебных заведений, краеведческих музеев. Из года в год увеличивается издание литературы по вопросам истории Сибири.

Показательным в этом отношении был и 1960 г., давший большое количество монографий, сборников, документов, популярных брошюр, отдельных журнальных статей.

Среди монографий, опубликованных в этом году, особенно выделяется фундаментальный труд Б. О. Долгих «Родовой и племенной состав народов Сибири в XVII в.»<sup>5</sup>.

Обширное исследование Б. О. Долгих есть результат длительной и кропотливой работы авторов преимущественно над архивными документами XVII в., подкрепленной полевыми этнографическими исследованиями, прекрасным знанием существующей этнографической и исторической литературы. В научный оборот введено много нового материала. Одним из выдающихся итогов исследования Б. О. Долгих является составленная им карта расселения племен и родов народов Сибири в XVII в.

В целом работа дает очень много в понимании исторических судеб сибирских народов, подтверждает вывод советской науки о прогрессивности присоединения Сибири к России.

<sup>1</sup> Информации о конференции опубликованы в журналах «История СССР», 1960, № 4, и «Вопросы истории», 1960, № 12.

<sup>2</sup> Вопросы истории, 1960, № 9.

<sup>3</sup> Научная конференция по истории Сибири и Дальнего Востока. Секция археологии и этнографии, антропологии и истории Сибири и Дальнего Востока дооктябрьского периода. Тезисы докладов и сообщений. Иркутск, 1960. Доклады и сообщения конференции по истории Сибири и Дальнего Востока. Секция истории и этнографии советского периода. Томск, 1960.

<sup>4</sup> Вторая научная конференция по истории, археологии и этнографии Дальнего Востока. Тезисы докладов и сообщений. Владивосток, 1960.

<sup>5</sup> Б. О. Долгих. Родовой и племенной состав народов Сибири в XVII в. Тр. ин-та этнографии им. Н. Миклухо-Маклая, нов. сер., т. XV. Изд-во АН СССР, М., 1960. См. рецензию на эту работу И. Гурвича, «Советская этнография», 1961, № 1.



Особой заслугой автора нужно признать то, что он провел тщательный подсчет численности коренного населения Сибири. Известно, что переписей сибирского населения в XVII в. не существовало. Автору пришлось проделать кропотливую и тонкую работу подсчета населения по косвенным источникам (ясачные книги и др.). Методика этого подсчета вполне научно обоснована. Б. О. Долгих произвел расчет по каждой отдельной группе и народности и пришел к выводу, что в Сибири в XVII столетии (имеется в виду территория Сибири, ставшей в это время русской) жило 160 тыс. человек. Сопоставление численности коренного населения XVII в. с результатами переписи 1897 г. говорит о значительном увеличении коренного населения Сибири. Например, численность бурят увеличилась в десять с половиной раз, якутов — в восемь с половиной раз и т. д.

Но книга Б. О. Долгих не только воссоздает картину расселения и численность сибирских народов, в ней подробно восстановлены структура и этнический состав коренного населения Сибири в XVII столетии, попутно сообщается множество сведений об экономическом и политическом положении сибирских народов, об отношениях их с русскими.

В целом работа Б. О. Долгих представляет собою ценный вклад в историю и этнографию народов Сибири, она не только дает смелое решение ряда наиболее важных проблем сибирской этнографии и истории, но и выдвигает перед исследователями новые и интересные задачи.

К истории Сибири XVII в. относится и переизданная работа А. И. Андреева «Очерки по источниковедению Сибири»<sup>1</sup>. Первое издание этой замечательной книги было в 1940 г., и она уже давно стала библиографической редкостью. Тогда же работа заслуженно получила высокую оценку в печати. Второе издание увидело свет уже после смерти автора, но оно было дополнено и исправлено еще самим автором. Книге предшествует составленный д-ром ист. наук В. К. Яцуном краткий очерк жизни и творчества А. И. Андреева (1887—1959).

А. И. Андреев был крупным источниковедом и археографом страны, знатоком истории Сибири. В его книге глубоко анализируются географические источники о Сибири XVII столетия, труды выдающегося ученого Сибири конца XVII — начала XVIII вв. С. У. Ремезова по географии, картографии, этнографии и истории Сибири, сибирские летописи и другие документы.

А. И. Андреевым подготовлен и второй выпуск «Очерков по источниковедению Сибири», посвященный первой половине XVIII в. Следует поддержать его предложение о переиздании ряда крайне важных для изучения истории Сибири трудов Н. Спафария, об издании русского перевода книги Н. Витсена о северной и восточной Татарии, а также идею подготовки нового издания сибирских летописей.

Если учесть, что, кроме книг Б. О. Долгих и А. И. Андреева, еще выпущены работы В. Г. Мирзоева<sup>2</sup> и Б. П. Полевого<sup>3</sup>, то станет очевидной интенсивность изучения истории Сибири XVII в. Этому же периоду сибирской истории посвящен ряд статей и отдельных заметок, опубликованных в исторических журналах и в трудах сибирских научно-исследовательских институтов<sup>4</sup>. Зато очень мало издается работ по истории Сибири XVIII и первой половины XIX столетий. Если исключить статью К. И. Горохова «Земельные отношения якутов во второй половине XVIII в. в освещении участников сибиряковской экспедиции», то нельзя назвать ни одной журнальной статьи, а тем более монографии, посвященной этому периоду истории края. Между тем XVIII в. в истории Сибири имеет большое значение. В этот период бурно развивалась экономическая жизнь края, возникла и быстро росла горная промышленность (Алтай, Забайкалье), расширялись торговые связи России через Сибирь с Востоком, осваивались новые области южной Сибири, шло интенсивное ее изучение (академические экспедиции), усиливалась классовая борьба (участие сибирских крестьян в крестьянской войне под руководством Е. И. Пугачева), на этот же период падает начало ссылки в Сибирь революционеров (А. Н. Радищев) и т. д. Понятно, что все эти проблемы требуют глубокого изучения.

История Сибири эпохи капитализма нашла свое отражение в «Материалах по

<sup>1</sup> А. И. Андреев, Очерки по источниковедению Сибири. Вып. I, XVII в. Второе издание, исправленное и дополненное. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1960.

<sup>2</sup> В. Г. Мирзоев, Присоединение и освоение Сибири в исторической литературе XVII в. М., Соцэкгиз, 1960.

<sup>3</sup> Б. П. Полевой, Первооткрыватели Сахалина. Южно-Сахалинск, 1959.

<sup>4</sup> В. И. Сергеев, Первые сибирские города, их военное, экономическое и культурное значение. Вестник мировой культуры, 1960, № 3;

А. Н. Копылов, О дате основания Иркутска. История СССР, 1960, № 5;

А. С. Парняков, О расселении якутов 30 — нач. 40-х гг. Тр. ин-та языка, литературы и истории, вып. 2(7). Якутск, 1960;

Л. П. Потапов, Тува в составе монгольских государств Алтынханов и Джунгарии (XVI — первая половина XVII вв.). Уч. зап. Тувинского НИИЯЛИ, вып. VIII, Кызыл, 1960.

истории Владивостока»<sup>1</sup> и сборнике документов «Владивосток»<sup>2</sup>. Большая статья З. В. Гоголева об изменениях в социально-экономическом строе Якутии во второй половине XIX — начале XX вв.<sup>3</sup> и статья К. И. Горохова об инструкции В. Н. Скрипицына и порядке уравнительного распределения земли в Якутской области<sup>4</sup> касаются вопросов развития капитализма в Якутии. В исторической литературе, изданной в 1960 г., слабо представлена тема о капиталистической Сибири, о роли и месте в экономике и социальных отношениях Сибири пережитков крепостничества и другие проблемы экономического развития края во второй половине XIX в.

По-прежнему интенсивно разрабатываются вопросы истории развития рабочего и революционного движения в крае. Здесь следует отметить книгу М. Горенского, А. Кудрявцева, В. Сафронова «Между двумя революциями»<sup>5</sup> — очерки по истории самой боевой сибирской партийной организации (Красноярской) периода 1907—1917 гг. Основанная на глубоком изучении архивных материалов, книга восполняет серьезный пробел, который имеется в изучении истории Сибири периода империализма. Томский университет издал сборник статей «Революционное движение в Сибири и на Дальнем Востоке»<sup>6</sup>, большая часть материалов которого посвящена истории первой русской революции в Сибири<sup>7</sup>, а также вопросам истории партийной организации и крестьянскому движению в Томской губернии.

В учебно-педагогическом издательстве вышла книга Ю. С. Аксенова о ленских событиях 1912 г.<sup>8</sup> в ней впервые события 1912 г. рассматриваются в связи с развитием рабочего движения на Лене в конце XIX — начале XX вв.

Более ранний период истории сибирского революционного движения представлен брошюрой А. П. Бородавкина и Г. П. Шатровой о декабристе Батенькове в Сибири<sup>9</sup> и статьей С. Стеркина о Худякове<sup>10</sup>. Истории политической ссылки в Сибири посвящено немало работ, среди них нужно отметить брошюры С. Беляевского о ссылке В. И. Ленина<sup>11</sup>, статьи Н. П. Митиной<sup>12</sup> и О. П. Морозовой<sup>13</sup> о русско-польских революционных связях ссылки в Сибири второй половины XIX в., а также публикации документов о ссылке большевистских депутатов 4-й государственной думы<sup>14</sup> и М. В. Бутаевича-Петрашевского<sup>15</sup>.

К дореволюционной истории Сибири относится и оригинальная работа И. И. Манжигеева о бурятах Янгутского рода<sup>16</sup>. В ней исследуется один из весьма сложных и малоразработанных вопросов истории бурятского народа — вопрос о генезисе и пережитках общинно-родового строя на примере Янгутского рода. Подобных работ, тем более по бурятским родам, в литературе еще не было.

<sup>1</sup> Матер. по истории Владивостока. Кн. I, 1860—1917 гг. АН СССР, Сиб. отд., Дальневосточный фил. им. В. Л. Комарова. Тр. (ист. сер.), т. 3, 204 стр. Владивосток, 1960.

<sup>2</sup> Владивосток. Сб. истор. док. (1860—1917 гг.), 220 стр. Владивосток, 1960.

<sup>3</sup> Тр. Якутск. ин-та ЯЛИ, вып. 2(7). Якутск, 1960.

<sup>4</sup> Там же.

<sup>5</sup> М. Горенский, А. Кудрявцев, В. Сафронов, Между двумя революциями (Очерки истории красноярской большевистской организации, 1907—1917 гг.). Красноярское кн. изд-во, 1960.

<sup>6</sup> К 1905—1907 гг. относится ст. А. С. Черных «Революционное движение в дальневосточной деревне в годы первой русской революции (1905—1907 гг.)». Уч. зап. Хабаровск. пед. ин-та, т. V, кафедра марксизма-ленинизма. Хабаровск, 1960.

<sup>7</sup> Революционное движение в Сибири и на Дальнем востоке. Вып. I. Под ред. доц. В. С. Флерова. Изд-во Томск. ун-та. Томск, 1960.

<sup>8</sup> Ю. С. Аксенов, Ленские события 1912 г. Положение и борьба ленского пролетариата. Пособие для учителей. Учпедгиз, М., 1960.

<sup>9</sup> А. П. Бородавкин и Г. П. Шатрова, Декабрист С. Г. Батеньков. Томск, 1960.

<sup>10</sup> Т. Стеркин, Ученый-революционер (И. А. Худяков). Сибирские огни, № 4, 1960.

<sup>11</sup> С. Беляевский, В. И. Ленин в Шушенском (Жизнь и революционная деятельность В. И. Ленина в сибирской ссылке). Красноярское кн. изд-во, 1960; С. Беляевский и Н. Городецкая, Здесь был В. И. Ленин. Красноярск, 1960.

<sup>12</sup> Н. П. Митина, Из истории русско-польских революционных связей в Сибири в 1864—1866 гг. Восстание 1863 г. и русско-польские революционные связи 60-х годов. М., 1960.

<sup>13</sup> О. П. Морозова, Материалы к биографии Бронислава Шварца, там же.

<sup>14</sup> Н. А. Свешников, Большевистские депутаты 4-й государственной думы в енисейской ссылке. Исторический архив, 1960, № 2.

<sup>15</sup> А. П. Мещерский, Документ о пребывании М. В. Бутаевича-Петрашевского в сибирской ссылке. Исторический архив, 1960, № 1.

<sup>16</sup> И. И. Манжигеев, Якутский бурятский род (Опыт историко-этнографического исследования). СО АН СССР, Бурятский комплекс. науч.-иссл. ин-т. Улан-Удэ, 1960.



По истории Сибири советского периода вышел ряд небольших монографий, брошюр, документальных сборников, журнальных статей<sup>1</sup>. Опубликованы материалы по истории Владивостока и Алтая.

Наибольшее число книг, брошюр и статей касается истории гражданской войны и иностранной интервенции в Сибири<sup>2</sup>. В ряде документальных сборников опубликованы сотни архивных документов, воспоминания участников и другой документальный материал о первом Красноярском Совете (1917—1918 гг.)<sup>3</sup>, о работе Иркутской партийной организации в восстановительный период<sup>4</sup>, об участии Сибири в Великой Отечественной войне<sup>5</sup>, ряд документов напечатан в повременных изданиях<sup>6</sup>. В ученых трудах и записках высших учебных заведений, в журналах опубликован ряд статей по разным проблемам советской истории Сибири: А. Я. Казакова «О времени создания и месте деятельности Сибирского бюро ЦК РКП(б)», В. В. Иванова «Начало кооперативного строительства на Дальнем Востоке», Е. П. Чечкина «Агит-массовая работа на промышленных предприятиях Новосибирска и Томска в годы Великой Отечественной войны», Истории социалистической промышленности в Сибири посвящена статья А. Ф. Хавина<sup>10</sup>. Большинство статей в «Трудах Центрального госархива РСФСР Дальнего Востока»<sup>11</sup> относится к истории борьбы за власть Советов, гражданской войны и иностранной интервенции на Дальнем Востоке. Материалы по истории послереволюционной Тувы содержатся в статьях, напечатанных в вып. VIII «Ученых записок Тувинского НИИЯЛИ».

Истекший год показывает, что количество изданий по истории советской Сибири в последнее время значительно выросло, но между изданиями по истории дореволю-

<sup>1</sup> Б. Шерешевский, Забайкалье в период Дальневосточной республики, 1920—1922. Чита, 1960.

А. Г. Солодянкин, Коммунисты Иркутска в борьбе с колчаковщиной. Иркутск, 1960. К брошюре приложено извлечение из допросов Колчака, которые прямого отношения к теме исследования не имеют и к тому же даны без серьезного научного комментария. К сожалению, документы, характеризующие борьбу иркутских большевиков против колчаковщины, в приложении места не нашли.

Л. И. Беликова, Борьба большевиков за победу Великой Октябрьской социалистической революции в Приморье. Владивосток, 1960.

Новосибирская областная партийная организация в годы Великой Отечественной войны. Тр. кафедры марксизма-ленинизма Новосибирского электротехн. ин-та связи, вып. 2. Новосибирск, 1960.

А. Н. Зыков, Иркутские коммунисты в борьбе за развитие социалистических отношений в деревне после разгрома колчаковщины (1920 год). Иркутск, 1960.

Материалы по истории Владивостока, кн. 2. 1917—1960. СО АН СССР, Дальневосточный филиал им. В. Л. Комарова. Тр. (ист. сер.), т. 4. Владивосток, 1960.

А. Смирнов, Пламенные революционеры (Борцы за власть Советов на Алтае). Барнаул, 1960.

Алтай в годы Великой Отечественной войны. Под ред. Е. В. Заруцкой. Алтайское книжное изд-во, 1960.

<sup>2</sup> М. Г. Ушаков, По долинам и по взгорьям... (из воспоминаний забайкальского партизана). Чита, 1960.

С. Толстых, Из партизанского прошлого. Барнаул, 1960.

Незабываемое. Воспоминания активных участников борьбы за установление Советской власти на Алтае. Барнаул, 1960.

А. Гак, В. Н. Дворянов, Л. М. Бапин, Как был спасен золотой запас России. История СССР, 1960, № 1.

С. С. Каплин, Большевики на Дальнем Востоке (1918—1922 гг.). М., Госполитиздат, 1960.

А. Буторин, Зиминское восстание. Барнаул, 1960.

Н. И. Рыбов и М. Г. Штеин, Волочаевская победа. Хабаровск, 1960.

<sup>3</sup> Красноярский Совет, март 1917 — июнь 1918 гг. Сб. документов. Красноярск, 1960. Опубликовано 240 документов, преимущественно протоколов и постановлений съездов Советов, пленумов исполкома и т. д.

<sup>4</sup> Иркутская партийная организация в восстановительный период (1920—1926 гг.). Документы и материалы. Иркутск. кн. изд-во, 1960.

<sup>5</sup> Омская партийная организация в период Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. Омск, 1960.

<sup>6</sup> О деятельности Иркутского комитета РКП(б) в период колчаковщины. Подгот. А. М. Гак и В. Н. Дворянов. Исторический архив, 1960, № 4.

<sup>7</sup> Вопросы истории КПСС, 1960, № 1, стр. 126—134.

<sup>8</sup> Уч. зап. Томск. ун-та, т. 35.

<sup>9</sup> Там же, т. 37.

<sup>10</sup> А. Ф. Хавин. Из истории промышленного строительства на Востоке СССР. Вопросы истории, 1960, № 5.

<sup>11</sup> Тр. Центр. госархива РСФСР Дальнего Востока, т. I. Томск, 1960.

ционной и советской Сибири остается еще значительное несоответствие. И эта диспропорция заметно сказывается не столько в количестве опубликованных работ, сколько в их качестве, в глубине исследования и охвате материала. К сожалению, у нас почти нет фундаментальных работ по истории советской Сибири. Крупным недостатком исследований этого периода является то, что они носят локальный характер, мало работ, охватывающих более обширные районы края. До сего времени издается больше всего работ о наиболее ранних периодах советской истории Сибири (Октябрьская революция и гражданская война), хотя и здесь нет пока серьезных обобщающих исследований. Наряду с разработкой проблем этой эпохи советского строительства в Сибири надо больше издавать работ по истории индустриализации и коллективизации, истории формирования рабочего класса советской Сибири, развитию форм социалистического труда, участию Сибири в Великой Отечественной войне, освоению целинных и залежных земель и другим проблемам, близко связанным с современностью. Преимущественным вниманием должны пользоваться работы, изучающие и обобщающие опыт деятельности партийных организаций.

Многие историко-партийные работы слабо связаны с жизнью, а поэтому научные обобщения их авторов мало помогают партийным организациям в их работе по руководству народными массами, в улучшении организационной и политико-массовой работы.

Заметно увеличилось количество публикаций по истории Сибири, подготовленных научно-исследовательскими учреждениями СО АН СССР. Следует отметить «Ученые записки Тувинского НИИЯЛИ», вып. VIII, которые отличаются разнообразием тем исследований, наличием специального раздела «Дискуссии и обсуждения», где опубликованы оригинальные статьи, имеющие принципиальное значение для понимания ряда важнейших проблем тувинской истории. Интересные статьи содержит и уже указанный выпуск 2(7) «Трудов института языка, литературы и истории» Якутского филиала СО АН СССР. Правда, серьезным его недостатком является полное отсутствие статей по истории советской Якутии.

Но, пожалуй, наиболее интенсивную издательскую деятельность в этом году развил Отдел истории Дальневосточного филиала СО АН СССР. Им подготовлен и издан огромный материал по истории Владивостока в связи со 100-летием города. Общим недостатком работ этого издания является то, что в них мало уделено внимания экономической истории города, выяснению его роли в связях России со странами Востока и, что самое характерное, истории строительства города, истории его управления, развитию городского хозяйства. История сибирских городов представляет собой весьма интересную проблему сибирской истории. У нас до сего времени нет научной истории старых (Новосибирска, Красноярска, Читы, Енисейска, Тобольска и других) и новых (Комсомольска-на-Амуре, Ангарска и других) сибирских городов. Следует организовать и популяризировать создание истории сел и рабочих поселков.

Обзор вышедшей в 1960 г. литературы по истории Сибири и Дальнего Востока подтверждает правильность выводов, сделанных о состоянии изучения истории Сибири на научной конференции по истории Сибири и Дальнего Востока. Перед историками Сибири стоят серьезные задачи по подготовке и изданию пятитомной «Истории Сибири и Дальнего Востока». Эти задачи могут быть выполнены дружными усилиями всего коллектива историков и при активном содействии этому большому делу со стороны Президиума Сибирского отделения АН СССР.

В. И. Дулов



## ХРОНИКА

### 60-ЛЕТИЕ ПРОФЕССОРА А. Б. ЖУКОВА



8 августа 1961 г. исполняется 60 лет со дня рождения и 40 лет научной, педагогической и общественной деятельности крупного лесовода профессора Анатолия Борисовича Жукова.

В 1923 г. А. Б. Жуков закончил лесной факультет Харьковского института сельского хозяйства и лесоводства.

Выполняя обязанности лесничего Троянецкого опытного лесничества и лично проводя научные исследования, А. Б. Жуков успешно сочетал эту работу с учебой в аспирантуре. В 1928 г. под руководством акад. Г. Н. Высоцкого он окончил заочную аспирантуру при научно-исследовательской кафедре лесоводства Харьковского сельскохозяйственного института, а в начале 1929 г. ему было присвоено звание научного сотрудника.

С 1930 по 1937 г. он работал на Украине в должностях заведующего лесотехническим отделом центральной лесной опытной станции, заведующего сектором лесного хозяйства Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и выполнял обязанности заместителя директора по научной части.

После получения ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук и ученого звания старшего научного сотрудника в 1938 г. А. Б. Жуков работал заместителем директора Белорусского научно-исследовательского института лесного хозяйства и одновременно читал курс лекций по лесной меллиорации в Белорусском лесотехническом институте.

С 1942 по 1955 г. А. Б. Жуков работал во Всесоюзном научно-исследовательском институте лесного хозяйства (ныне ВНИИЛМ) и одновременно читал лекции по лесоведению на Высших лесных курсах по подготовке руководящих работников лесного хозяйства.

В 1948 г. А. Б. Жуков защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, а в 1950 г. был утверждён в звании профессора. В это время им издан капитальный труд «Дубравы Украины и способы их возобновления». Результаты исследований А. Б. Жукова по дубу, рубкам главного пользования, защитному лесоразведению были положены в основу ведомственных правил, инструкций и наставлений.

В 1956 г. А. Б. Жуков был переведен на работу в Институт леса АН СССР, а в 1959 г. был назначен директором Института леса и древесины СО АН СССР.

А. Б. Жуков неоднократно выступал с докладами на международных научных конгрессах. В 1954 г. он был делегатом на IV мировом конгрессе лесоводов в Индии и делегатом II съезда лесоводов в ГДР. В 1960 г. Анатолий Борисович возглавлял делегацию Советского Союза на V мировом лесном конгрессе в США. В результате поездок в зарубежные страны А. Б. Жуковым опубликовано много работ, освещающих состояние лесоводства и лесного хозяйства в странах Европы и Азии.

Всего по различным вопросам лесоводства Анатолием Борисовичем опубликовано свыше 50-ти научных работ, большая часть которых широко известна и высоко оценена лесоводами и работниками смежных специальностей. Несколько работ А. Б. Жукова переведено на китайский и английский язык и издано за рубежом. Кроме основной работы директора Института леса и древесины СО АН СССР, А. Б. Жуков выполняет ряд общественных обязанностей: он является председателем Объединенного ученого совета по биологическим наукам и членом Президиума СО АН СССР, председателем региональной комиссии по охране природы и главным редактором многолетнего издания «Леса СССР».

В 1961 г. проф. Жуков избран депутатом Красноярского краевого Совета депутатов трудящихся.

Правительство высоко оценило научную и общественную деятельность А. Б. Жукова, наградив его медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.» и орденом Ленина.

А. Б. Жуков по праву занимает одно из первых мест среди лесоводов страны.

### ПЕТР ТРОФИМОВИЧ ПРИХОДЬКО

16 июня 1961 г. коллектив Института горного дела СО АН СССР на расширенном заседании Ученого совета торжественно отметил 60-летие со дня рождения и 35-летие научной, педагогической и общественной деятельности председателя Сибирской комиссии по борьбе с силикозом, доктора медицинских наук, проф. П. Т. Приходько. В чествовании юбиляра приняли участие общественные организации и других институтов СО АН СССР, а также ряд организаций Новосибирска и других городов, видные ученые-медики.

Научную деятельность П. Т. Приходько начал с 1925 г. по совершенно новой для того времени проблеме — социальной гигиене. Затем П. Т. Приходько переключился на научную работу в области гигиены труда горнорабочих. Его по праву можно считать одним из основоположников этой отрасли науки. П. Т. Приходько первый разработал ее основные разделы: 1) метеорологические условия труда горнорабочих; 2) проблема защитной одежды; 3) проблема устойчивой работоспособности горнорабочих.

П. Т. Приходько внес большой вклад в разработку физиопрофилактических средств по поддержанию устойчивой работоспособности горнорабочих. Разработанный им метод исследования мелкодисперсной пыли дает возможность гигиенической оценки горных выработок по пылевому фактору. П. Т. Приходько установил «пылевой ряд», названный именем акад. А. А. Скочинского, по которому удобно оценивать горные выработки по пылевому фактору. Это является новым в теоретическом подходе к гигиенической оценке горных выработок.

П. Т. Приходько ведет работу и по истории горной гигиены.

Его внимание в первую очередь привлекают методологические и теоретические вопросы. Он является крупным ученым, специалистом по вопросам гигиены труда горнорабочих.

С 1950 г. П. Т. Приходько — неизменный председатель Сибирской комиссии по борьбе с силикозом, которая из небольшой вначале организации выросла в настоящее время в десятки раз и включает 13 краевых и областных организаций, объединяя и координируя всю работу по борьбе с силикозом в Сибири и на Дальнем Востоке.

В результате проводимой под руководством П. Т. Приходько работы по борьбе с силикозом имеются факты снижения на предприятиях запыленности воздуха и заболеваемости силикозом и улучшилась его диагностика.

*Н. Г. Дубинин*

### ХИМИКИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФИЛИАЛА СО АН СССР — СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ

В подъеме урожайности сельскохозяйственных культур важное значение принадлежит применению удобрений и микроудобрений, а также использованию различных ядохимикатов. Реализуя решения январского Пленума ЦК КПСС, сотрудники химического отдела Дальневосточного филиала СО АН СССР в 1961 г. проводят исследование по синтезу новых инсектицидных препаратов, ведут изучение сырьевой базы Дальнего Востока для производства удобрений и микроудобрений, в производственных условиях проверяют новый метод химического консервирования силоса.

В лаборатории органической химии филиала канд. хим. наук М. Н. Тиличенко и Т. М. Доманюк синтезированы новые органические препараты (полиметиленипергидроакредин, полиметиленактагидроакредин и их хлористоводородные соли), обладающие инсектицидными и избирательно гербицидными свойствами. В этой же лаборатории



канд. хим. наук Н. И. Уваровой получены соединения другого типа (винилфуриловый эфир, винилацеталь и др.), имеющие аналогичные свойства. Препараты переданы в отдел зоологии филиала для проверки в условиях пастбищ для защиты скота от слепней и мух.

В лаборатории углекислоты будут проведены изыскания гербицидных и других биологически активных веществ путем введения некоторых химических групп в фенолы, получаемые из углей дальневосточных месторождений.

Почвы Дальнего Востока нуждаются в фосфоре, поэтому одной из важнейших задач является изучение местных фосфоросодержащих руд. В лаборатории обогащения процессов канд. техн. наук А. Г. Баюла и Н. И. Чупахиным был получен концентрат с повышенным содержанием  $P_2O_5$ , испытание которого в полевых условиях позволило повысить урожайность картофеля на 48%. В 1960 г. на одном из известных заводов были проведены производственные испытания новой схемы обогащения бедных фосфоритов и получено несколько тонн концентрата с содержанием 9%  $P_2O_5$ . Концентрат передан для испытания в научные сельскохозяйственные учреждения и опытные станции Дальнего Востока. Лабораторией неорганической химии была разработана также рецептура получения смешанных азотнофосфорных, азотноборных и других минеральных удобрений. В настоящее время лабораторией обогащения процессов ведутся работы по обогащению спасских (Приморский край) фосфоритов с содержанием  $P_2O_5$  7—12%.

В почвах Дальнего Востока ощущается недостаток таких нужных растениям микроэлементов, как бор, молибден, кобальт, иод, марганец, цинк и ряд других. Применение микроудобрений положительно сказывается на урожайности всех сельскохозяйственных культур Дальнего Востока. Микроудобрения в Сибири и на Дальнем Востоке не производятся и завозятся сюда в весьма ограниченных количествах.

Работами химического отдела Дальневосточного филиала было показано, что Дальний Восток обладает неограниченной сырьевой базой для производства всех микроэлементов, необходимых для нормального развития растений. В лаборатории неорганической химии этого отдела были разработаны новые методы получения микроудобрений. Одним из таких приемов является получение рудных фритт, основанное на сплавлении легкоплавкой боросиликатной руды с другими ценными компонентами (цинковый и медный концентраты, хвосты, содержащие марганец, и т. д.).

Обычно фритты получают путем сплавления химически чистых окислов и солей с кремнеземом, потому изготовление их стоит очень дорого. Кроме того, температура плавления их высока (до 1500°). Рудные фритты плавятся при температуре 1350°, для изготовления их не требуется дорогих солей, поэтому их производство является более экономичным.

В 1959 г. в химическом отделе научным сотрудником Л. И. Корень проведены первые опыты по обоснованию принципиальной возможности получения рудных фритт и сварена опытная партия в 32 кг. В 1960 г. проведена производственная варка рудной фритты в количестве 40 т на стекольном заводе. Полученные фритты переданы для широкой проверки в полевых условиях.

Приморскому совнархозу даны рекомендации создать предприятие по получению микроудобрений на Дальнем Востоке. Дальнейшая работа лаборатории неорганической химии будет направлена на разработку теоретических основ получения микроудобрений из дальневосточного сырья, в частности получения водорастворимых форм микроудобрений, необходимых для предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки растений.

В широкую производственную проверку рудных фритт включились кафедра физиологии Дальневосточного государственного университета и ряд сельскохозяйственных опытных станций Дальнего Востока.

Однако работа по микроэлементам на Дальнем Востоке проводится недостаточно широко, Дальний Восток отстает в этом отношении от таких республик Советского Союза, как Литовская ССР, Украинская ССР. Почвы Дальнего Востока не картированы на содержание микроэлементов, что задерживает их применение, в частности рудных фритт, в растениеводстве. Мало проводится исследований по применению микроэлементов в животноводстве. В настоящее время по инициативе химиков при Дальневосточном филиале СО АН СССР создана комиссия, в задачу которой входит координация и расширение исследований по микроэлементам на территории Дальнего Востока.

Большая работа была проведена сотрудником А. М. Стручковым по обоснованию нового метода консервирования силоса малыми дозами формалина и уротропина. Еще в 1959 г. при закладке кукурузного силоса на Приморской сельскохозяйственной станции им было показано, что слабые растворы формалина и уротропина действуют угнетающе на гнилостные процессы и в то же время не препятствуют процессам молочнокислотного брожения. Было доказано, что новый способ в десятки раз экономичнее традиционного и других методов химического консервирования силоса.

Метод консервирования А. М. Стручкова особенно ценен в условиях Приморского края с влажным и теплым летом.

Под руководством автора метода в 1960 г. в пяти совхозах Приморского края было проведено опытное силосование 6200 т кукурузной, клеверной и разнотравной зеленой массы малыми дозами растворов формалина и уротропина. В результате широких опытных работ по применению формальдегидного метода была выявлена высокая сохранность силоса.

По методу А. М. Стручкова были проведены опытные закладки силоса в Таджикской ССР, Литовской ССР, Латвийской ССР.

По данным Министерства сельского хозяйства Литовской ССР, заформалиненный силос имеет повышенное содержание каротина и молочной кислоты по сравнению с контрольным силосом.

Учитывая положительные результаты работы по опытной закладке силоса, в Дальневосточном филиале СО АН СССР под руководством канд. биол. наук И. Ф. Беликова создана творческая группа для углубленного изучения биохимических и бактериологических процессов, происходящих в силосе в присутствии малых доз уротропина и формалина.

Химики Дальневосточного филиала принимают активное участие в пропаганде научных знаний, выступая с лекциями, докладами и статьями в краевой и районной печати по вопросам химизации сельского хозяйства, применения микроудобрений, стимуляторов роста и т. д. Химиками и биологами совместно написана и издана брошюра по микроэлементам (Е. П. Ожигов, А. Ф. Скрипченко, Л. И. Корень, В. Г. Рейфман. «Микроудобрения — важный резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур Приморья». Примиздат, Владивосток, 1961).

Приморское отделение ВХО им. Д. И. Менделеева и химический отдел Дальневосточного филиала СО АН СССР в связи с XXII съездом Коммунистической партии Советского Союза взяли на себя социалистические обязательства по оказанию дальнейшей помощи сельскому хозяйству Приморья, которые успешно выполняются.

*Е. П. Ожигов.*



## 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. Корректра дается авторам лишь для контроля. Стилистическая правка, дополнения и сокращения в корректре не допускаются. Иногородним авторам корректра 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 одинаковые 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 занумеровать и дать расшифровку номеров в подрисуночной подписи.

Все иллюстрации к статье должны иметь сквозную нумерацию. Номера эти проставляются простым карандашом на каждом рисунке или чертеже, а также в рукописи на левом поле страницы, против соответствующего места в тексте (включать иллюстрации в текст рукописи нельзя). Кроме того, на обороте каждого рисунка ставится название статьи и фамилия автора. В рукописи 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.  
Технический редактор О. А. Локичина.  
Корректоры И. П. Зайцева, М. А. Башкова.

Подписано в печать 11 августа 1961 г. МН 03318. Бумага 70×108/16 8,75 печ. л. = 12,0 усл. печ. л. + 4 вкл. 10,25 уч.-изд. л. Тираж 2300.

Издательство Сибирского отделения Академии наук СССР, Новосибирск, Советская 20. Зак. № 298.  
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).