

П-167/2  
АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
СССР

4

НОВОСИБИРСК

1960



# ИЗВЕСТИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

4

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК СССР  
1960

СОДЕРЖАНИЕ

Торжество ленинских идей в развитии производительных сил социалистического общества	3
<i>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</i>	
В. К. Щербаков, А. И. Васильев, М. Б. Чельцов. Основные направления развития электроэнергетики Центральной Сибири	7
С. И. Галкин. Кручение каркасированной круглой стальной оболочки с прямоугольным вырезом	15
И. Е. Чернов. Определение индуктивности и емкости воздушного щита при разработке	29
В. А. Комиссаров. Проектирование высоковольтных электростанций для агро теплиц	43
А. В. Николаев. Влияние температуры на скорость химических реакций	51
В. А. Михайлов. Влияние температуры на скорость химических реакций	64
В. Г. Плюснин, В. А. Михайлов. Особенности формирования минеральных эфирных масел	69
А. В. Калабина, Н. П. Крпачин. Синтез винилэфиров	77
В. К. Вальцев, Л. И. Вальцев. Процесс растворения аммонийных солей в присутствии йодидов	81
И. П. Щербаков, Обработка почвы	87
В. А. Гаврилюк. О химическом составе почвы	98
К. А. Козлов. Биологические особенности почвы	108
В. А. Кузьмин. Опыт выращивания животных	115
М. М. Максаков. Отделение животных	120
А. Н. Киргинцев. Отделение животных	134
Ю. П. Хлонов, Н. Ф. Колосов. Отделение животных	126
И. П. Крапчин. Развитие животных	130
Н. Г. Коломиец. Биология животных	132

1960 | П-26988  
№ 4 | Известия Сибирского отд. АН СССР.

17/к Кисель  
17/к Шаминин  
17/к Шаминин

П-26988



ТОРЖЕСТВО ЛЕНИНСКИХ ИДЕЙ  
В РАЗВИТИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Многомиллионный советский народ, все прогрессивное человечество на всех континентах нашей планеты отмечают 90-летие со дня рождения гениального организатора Коммунистической партии, основателя первого в мире социалистического государства, вождя и учителя трудящихся всего мира Владимира Ильича Ленина.

Величайшая заслуга В. И. Ленина состоит в том, что он творчески развил и поднял на новую ступень учение Маркса и Энгельса, разработал теорию социалистической революции, открыл в лице Республики Советов политическую форму диктатуры пролетариата.

Развивая основы научного социализма, Ленин одновременно разработал генеральный план коммунистического строительства в нашей стране на базе мощной социалистической индустрии и электрификации, кооперирования сельского хозяйства и неуклонного подъема производительности общественного труда.

С исключительной прозорливостью определил В. И. Ленин и роль науки, которая при социализме несоизмеримо возрастает, занимая особое место и играя особую роль в жизни общества.

«Раньше,— говорил В. И. Ленин,— весь человеческий ум, весь его гений творил только для того, чтобы дать одним все блага техники и культуры, а других лишить самого необходимого — просвещения и развития. Теперь же все чудеса техники, все завоевания культуры станут общенародным достоянием, и отныне никогда человеческий ум и гений не будут обращены в средства насилия, в средства эксплуатации» (В. И. Ленин. Соч., т. 26, стр. 436).

В апреле 1918 г. на заре молодой Советской Республики, когда еще с оружием в руках решался вопрос — быть или не быть советской власти, В. И. Ленин написал для Академии наук широко известный сейчас «Набросок плана научно-исследовательских работ».

В этом плане В. И. Ленин так определил первоочередные задачи Академии наук:

«Академии Наук, начавшей систематическое изучение и обследование естественных производительных сил России, следует немедленно дать от Высшего совета народного хозяйства поручение

образовать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России.

В этот план должно входить:

рациональное размещение промышленности в России с точки зрения близости сырья и возможности наименьшей потери труда при переходе от обработки сырья ко всем последовательным стадиям обработки полуфабрикатов вплоть до получения готового продукта.

Рациональное, с точки зрения новейшей наиболее крупной промыш-

п 269 88  
БИБЛИОТЕКА  
А. Н. Иргинской ООР

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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



ленности и особенно трестов, слияние и сосредоточение производства в немногих крупнейших предприятиях.

Наибольшее обеспечение теперешней Российской Советской республике... возможности *самостоятельно* снабдить себя *всеми* главнейшими видами сырья и промышленности.

Обращение особого внимания на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию. Использование непервоклассных сортов топлива (торф, уголь, худших сортов) для получения электрической энергии с наименьшими затратами на добычу и перевоз горючего.

Водные силы и ветряные двигатели вообще и в применении к земледелию» (В. И. Ленин. Соч., т. 27, стр. 288—289).

В этих до предела сжатых ленинских словах предначертана грандиозная программа революционного преобразования всей экономики и техники страны. Здесь поставлены крупнейшие научно-теоретические проблемы в области размещения социалистической промышленности, специализации и укрупнения производства, генерального плана электрификации страны, рационального топливно-энергетического баланса, социалистического преобразования сельского хозяйства и т. п.

«Набросок плана научно-технических работ» явился генеральной программой для всех научных учреждений молодой Республики Советов.

Сейчас, когда наша страна вступила в период развернутого строительства коммунизма, мы можем смело утверждать, что напряженная, целеустремленная научная работа, подчиненная задачам единого народнохозяйственного плана в сочетании с глубочайшими научно-теоретическими исследованиями дала прекрасные результаты.

Советский Союз по своим природным ресурсам является одной из богатейших стран мира. СССР занимает первое место по разведанным запасам железных и марганцевых руд, меди, свинца, цинка, никеля, бокситов, вольфрама, ртути, серы, калийных солей, фосфатного сырья, а также по общим запасам угля, торфа и лесных ресурсов.

По разведанным запасам железных руд страна Советов превосходит в 3 раза США, Англию, Францию и ФРГ, вместе взятые.

За период советской власти не только несоизмеримо выросли разведанные запасы полезных ископаемых, но исследованы новые огромные территории страны, особенно это касается бывших окраин дореволюционной России.

Всего 42 года тому назад в Сибири фактически не было сколько-нибудь крупной промышленности; очень скудными были и наши познания о природных богатствах восточных районов страны.

В. И. Ленин первым отметил жизненную необходимость широкого использования природных богатств Сибири при помощи новейшей техники. Выступая в 1920 г. на VIII Всероссийском съезде Советов, он говорил: «Горные богатства Сибири представляются совершенно необъятными» (В. И. Ленин. Соч., т. 31, стр. 452).

Сибирь и Дальний Восток занимают больше половины территории всего Советского Союза. Эта площадь вдвое больше площади всей Западной Европы. Самая малая из областей Сибири — Курганская — по площади больше, чем Нидерланды и Бельгия, вместе взятые.

Щедро наградила природа восточные районы нашей страны несметными природными богатствами. Здесь сосредоточено 80% общесоюзных запасов каменного угля. Здесь же находится основная база коксующихся углей. Миллиардами тонн исчисляются запасы железных руд. Большим достижением советской геологической науки и практики является

открытие богатейших алмазных месторождений в Якутской АССР, где бурно развивается отечественная алмазодобывающая промышленность. Практически не ограничены запасы сырья для химической и лесохимической промышленности. В полноводных реках Сибири сосредоточено более двух третей всех гидроэнергетических ресурсов Союза. Свыше 60% всех лесных ресурсов страны находится на территории Сибири, причем представлены они особо ценными древесными породами.

Сочетание огромных запасов разнообразного промышленного сырья и энергетических ресурсов дает возможность создать в восточных районах страны новую мощную индустрию с лучшими технико-экономическими показателями. Это нашло свое яркое выражение в контрольных цифрах развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг., утвержденных XXI съездом КПСС.

«В районах Сибири будут широко осваиваться огромные природные ресурсы. Намечается строительство двух крупных металлургических заводов, которые явятся основой третьей металлургической базы СССР. Добыча угля в 1965 г. в Сибири и на Дальнем Востоке достигнет 181—186 миллионов тонн, около 40 процентов его будет получено на открытых разработках. Кузнецкий бассейн по-прежнему останется основной базой коксующихся углей для уральской и сибирской металлургии. На дешевых углях будут созданы крупные тепловые электростанции. Будет введена в строй крупнейшая в мире Братская ГЭС мощностью более чем в три с половиной миллиона киловатт, а также развернуто строительство Красноярской гидроэлектростанции мощностью свыше 4 миллионов киловатт.

Быстрыми темпами должна развиваться лесная и деревообрабатывающая промышленность. Заново будет создана мощная целлюлозно-бумажная промышленность. Предусматривается строительство ряда крупных нефтеперерабатывающих заводов. Для транспортировки нефти и нефтепродуктов прокладываются магистральные трубопроводы. В Якутской АССР организуется один из крупнейших центров в мире по добыче алмазов. Значительно увеличиваются хозяйственные связи между Сибирью и Европейской частью страны, для их осуществления усиливается транспорт, электрифицируется Сибирская железнодорожная магистраль, строятся новые железные дороги.

Огромные средства, вкладываемые в народное хозяйство Сибири, позволят полнее использовать имеющиеся здесь природные богатства для подъема экономики всего Советского Союза. После ввода в действие строящихся электростанций в Сибири будет производиться электроэнергия больше, чем в любой капиталистической стране Европы» (Материалы внеочередного XXI съезда КПСС. Госполитиздат, стр. 221—222, 1959).

Для осуществления этих грандиозных задач в восточные районы страны направляется свыше 40% всех капиталовложений СССР.

Удельный вес восточных районов страны в общесоюзном производстве важнейших видов продукции в 1965 г. составит: по производству чугуна — примерно 43%, выплавке стали — 47%, производству проката — 48%, добыче угля — примерно 50%, выработке электроэнергии — 46% и производству пиломатериалов — свыше 45%. Таким образом, здесь будет производиться почти половина важнейших видов промышленной продукции СССР.

В решениях XXI съезда КПСС с особой яркостью проявился великий дух ленинизма, его смелый революционный размах, его неугасимая творческая сила. Все, что было гениально предначертано В. И. Лениным в «Наброске плана научно-технических работ» 42 года назад, сей-



час находит реальное воплощение в великих стройках Сибири, в формировании новых крупных промышленных центров, с качественно иной производственной структурой, обеспечивающих дальнейший технический прогресс, дальнейшее стремительное развитие материально-технической базы коммунизма.

В практическом осуществлении этих грандиозных задач решающая роль принадлежит уровню производительности труда. «Производительность труда,— указывал В. И. Ленин,— это, в последнем счете, самое важное, самое главное для победы нового общественного строя. Капитализм создал производительность труда, невиданную при крепостничестве, капитализм может быть окончательно побежден и будет окончательно побежден тем, что социализм создает новую, гораздо более высокую производительность труда» (В. И. Ленин. Соч., т. 29, стр. 394).

Коммунистическая партия и советское Правительство всегда проявляли исключительное внимание к вопросу повышения производительности труда. Сейчас, в период завершения строительства социализма и постепенного перехода к коммунизму, проблема роста производительности труда приобретает решающее значение. От степени решения этой проблемы зависит успех мирного соревнования с передовыми капиталистическими странами, успех нашей борьбы за то, чтобы в короткие исторические сроки догнать и перегнать главные капиталистические страны по производству продукции на душу населения.

«Ныне задача состоит в том,— говорил Н. С. Хрущев на XXI съезде КПСС,— чтобы добиться перевеса социалистической системы над капиталистической системой в мировом производстве, превзойти наиболее развитые капиталистические страны по производительности общественного труда, по производству продукции на душу населения и обеспечить самый высокий в мире жизненный уровень» (Материалы внеочередного XXI съезда КПСС. Госполитиздат, стр. 54, 1959).

Рост производительности труда является объективным экономическим законом, присущим каждой общественно-экономической формации, однако со сменой их резко изменяется и характер действия этого экономического закона. Важнейшим условием всемерного повышения производительности общественного труда при социализме является технический прогресс во всех сферах материального производства. Как указал июньский Пленум ЦК КПСС (1959 г.), технический прогресс означает непрерывное совершенствование орудий и предметов труда, а также технологии производства на основе неуклонного развития науки, повышения культурно-технического уровня трудящихся, совершенствования организации производства.

В решениях Пленума особо подчеркивается идея содружества работников науки и производства, выдвинутая В. И. Лениным. «Сотрудничество представителей науки и рабочих,— только такое сотрудничество будет в состоянии уничтожить весь гнет нищеты, болезней, грязи. И это будет сделано.

Перед союзом представителей науки, пролетариата и техники не устоит никакая темная сила (В. И. Ленин. Соч., т. 30, стр. 376).

В наши дни творческое содружество людей науки и производства приняло характер массового движения.

Уже сегодня в ряде решающих областей научных знаний СССР занимает первое место в мире, и всем этим мы обязаны руководящей и организующей роли славной Коммунистической партии, созданной и выпестованной великим Лениным.

В мудрой политике партии, в практических делах советских людей, строящих коммунизм, живут и побеждают бессмертные идеи Ленина.

В. К. ЩЕРБАКОВ, А. И. ВАСИЛЬЕВ, М. Б. ЧЕЛЬЦОВ

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

I

Девяностолетие со дня рождения основателя Коммунистической партии и Советского государства Владимира Ильича Ленина отмечается в нашей стране в условиях развернутого строительства коммунистического общества.

Эта знаменательная дата совпадает в текущем году с 40-летием исторического плана электрификации России (ГОЭЛРО), который был разработан по инициативе и под руководством В. И. Ленина в 1920 г.

В. И. Ленин создал учение о роли электрификации в создании материально-технической базы нового общества. Раскрывая политическую и экономическую основы построения коммунизма, он выдвинул гениальную формулу: «Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны». Осуществляя этот ленинский лозунг, советский народ под руководством Коммунистической партии ликвидировал вековую отсталость, построил социализм и уверенно идет по пути к коммунизму.

Сущность основных принципов электрификации страны, сформулированных Лениным, заключается в широком внедрении электрической энергии во все отрасли народного хозяйства, в обеспечении опережающих темпов развития электроэнергетики путем сооружения крупных электростанций на базе широкого использования топливных и водных ресурсов, а также в строительстве высоковольтных электрических сетей, обеспечивающих централизованное электроснабжение потребителей и создание мощных энергетических объединений.

Эти принципы были положены в основу первого единого плана развития народного хозяйства страны — плана ГОЭЛРО, нашли свое отражение в пятилетних планах и имеют решающее значение для развития экономики СССР на современном этапе.

Электрификация является основой развития всей современной техники. Использование электрической энергии открывает широкие возможности для создания наиболее совершенных машин, развития комплексной механизации и автоматизации производства, разработки новых технологических процессов.

В результате осуществления ленинских указаний об электрификации страны советская электроэнергетика прошла большой путь — от карликовых электрических установок до крупнейших в мире электростанций, электропередач и энергетических объединений. Выработка электрической энергии в Советском Союзе в 1959 г. достигла 264 млрд. квт-ч, что почти в 140 раз превышает производство электроэнергии царской России в 1913 г.

Наряду с сооружением крупных тепловых и гидравлических элект-



ростанций в нашей стране впервые в мире была практически решена задача использования атомной энергии для получения электроэнергии.

Значительное развитие получили высоковольтные электрические сети, протяженность которых в настоящее время составляет свыше 100 тыс. км. Советские энергетики первыми осуществили передачу электроэнергии на расстояние около 1000 км при напряжении 500 кВ.

Новые, еще более широкие перспективы развития энергетики открываются в текущем семилетии. В этот период будет сделан решающий шаг в осуществлении ленинской идеи о сплошной электрификации страны.

К концу семилетки установленная мощность электростанций страны возрастет на 58—60 млн. кВт, а выработка электрической энергии достигнет 500—520 млрд. кВт-ч. Общая протяженность электрических сетей Союза увеличится более чем втрое. Будут созданы единые энергетические системы Европейской части СССР и Центральной Сибири\*, образованы энергообъединения в районах Северо-Запада и Запада, Закавказья, Средней Азии и Казахстана, охвачены централизованным электроснабжением новые промышленные и сельскохозяйственные районы. За годы семилетки предстоит выполнить больше, чем было сделано за весь период развития отечественной электроэнергетики.

В настоящее время разрабатывается план сплошной электрификации страны, рассчитанный на 15—20 лет. Предварительные расчеты Министерства строительства электростанций показывают, что для полного удовлетворения электроэнергией всех отраслей народного хозяйства, коммунально-бытовых нужд населения и сохранения опережающих темпов развития энергетики необходимо обеспечить производство 900 млрд. кВт-ч электрической энергии в 1970 г., не менее 1500 млрд. кВт-ч в 1975 г. и около 2300 млрд. кВт-ч в 1980 г. Таким образом, за предстоящее двадцатилетие производство электрической энергии в СССР возрастет в 8—9 раз.

Подобные значительные темпы развития энергетики Советского Союза будут достигнуты путем строительства крупных тепловых электростанций мощностью до 2—4 млн. кВт с агрегатами единичной мощностью в 300—600 тыс. кВт и выше, а также высокоэффективных гидроэлектростанций мощностью до 5—6 млн. кВт с турбинами в 500 тыс. кВт и более. Вместе с этим предстоит построить сотни тысяч километров высоковольтных магистральных и распределительных сетей.

В рассматриваемый период будет решена основная экономическая задача СССР. По уровню производства важнейших видов продукции, в том числе по выработке электрической энергии, наша страна превзойдет США.

## II

Большую роль в осуществлении этой грандиозной программы призвана сыграть Сибирь с ее неисчерпаемыми природными богатствами и колоссальными энергетическими ресурсами. Здесь сосредоточено около 90% общесоюзных запасов угля и более 50% гидроэнергоресурсов СССР, причем значительная часть их находится на территории Центральной Сибири.

\* Центральная Сибирь рассматривается в составе шести административно-экономических районов: Новосибирского, Кемеровского, Алтайского, Томского, Красноярского (без Норильского промузла) и Иркутского.

Неглубокое залегание, большая мощность угольных пластов в Канско-Ачинском бассейне создают благоприятные условия для открытой разработки угольных месторождений с наименьшими в стране капиталовложениями (30—60 руб./т.у.т.) при самой низкой себестоимости (8—14 руб./т.у.т.). Многоводность сибирских рек (Енисей, Ангара, Лена), наличие суженных створов в скальных породах, обеспечивающих создание высоких напоров и крупных водохранилищ, позволяют создавать мощные энергетические установки при относительно небольших удельных капитальных затратах.

Таким образом, использование топливных и гидроэнергетических ресурсов Сибири характеризуется высокой экономической эффективностью.

Отличительной особенностью сибирской энергетики является возможность получения огромного количества дешевой электроэнергии как на гидравлических (0,35—0,60 коп/кВт-ч), так и на тепловых (1,2—2,0 коп/кВт-ч) электростанциях. В связи с этим в Центральной Сибири открываются перспективы создания крупнейшей в стране базы по производству электрической энергии, способной обеспечить не только ускоренное развитие производительных сил данного района, но и стать источником энергии для соседних районов.

Однако до настоящего времени масштабы энергетического строительства в Сибири не соответствовали ее потенциальным возможностям. Несмотря на увеличение производства электроэнергии в Центральной Сибири за последние тридцать лет более чем в 400 раз, ее удельный вес в общесоюзной выработке электрической энергии в 1958 г. составил менее 9%.

Основная часть энергии производится на 17 электростанциях, расположенных преимущественно в промышленных центрах. К числу таких станций относятся Иркутская и Новосибирская ГЭС, Южно-Кузбасская, Кемеровская и Барабинская ГРЭС, а также ряд теплоэлектроцентралей.

Энергетические системы, созданные во всех административно-экономических районах, работают изолированно и обеспечивают централизованное электроснабжение на весьма ограниченных территориях вследствие слишком малой протяженности высоковольтных распределительных сетей. На каждый мегаватт установленной мощности приходится всего 1,5 км линий электропередач, что меньше аналогичного показателя в среднем по Союзу. В таких районных энергосистемах, как Красноярская, Томская, Барнаульская, электрические сети существуют лишь в областных центрах. Даже в наиболее крупной энергетической системе Сибири — Кузбасской имеется, по существу, одна линия электропередачи напряжением 110 кВ, расположенная в меридиональном направлении. В Новосибирской системе ЛЭП подобного напряжения сооружена для электроснабжения тяговых подстанций транссибирской магистрали.

Таким образом, высоковольтные электрические сети на территории Центральной Сибири до сих пор не получили должного развития. Это привело к вынужденному строительству, особенно в сельскохозяйственных районах, большого количества мелких и неэкономичных энергетических установок, число которых в настоящее время составляет более 10 тыс., а средняя мощность по различным областям Сибири колеблется от 30 до 150 кВт.

Подобная раздробленность энергетического хозяйства на большей части территории Сибири приводит к большому перерасходу топлива, высокой стоимости электроэнергии и не обеспечивает надежного электроснабжения потребителей.



Значительный шаг в дальнейшем развитии электроэнергетики Сибири, в устранении указанных недостатков будет сделан в текущем семилетии. В течение этого периода производство электроэнергии в районах Центральной Сибири возрастет в 4 раза благодаря сооружению и пуску крупнейших в мире Братской и Красноярской ГЭС, Назаровской, Беловской, Томь-Усинской ГРЭС, а также расширению существующих и строительству новых ТЭЦ. Намечено создать единую энергетическую систему Центральной Сибири, в которую войдет линия электропередачи Иркутск — Братск — Тайшет — Красноярск — Назарово — Кузбасс напряжением 500 кВ.

В несколько раз возрастет протяженность ЛЭП 220 кВ, расширится применение ЛЭП 110 и 35 кВ для электроснабжения сельскохозяйственных районов от государственных энергетических систем. Благоприятные условия для этого создаются в связи с электрификацией железных дорог.

К концу семилетия удельный вес Центральной Сибири в общесоюзной выработке электроэнергии увеличится до 16—17%.

### III

Еще больший размах энергетического строительства предполагается в период 1966—1980 гг., когда начнется форсированное освоение топливных и гидравлических ресурсов Центральной Сибири, обладающих наиболее высокими технико-экономическими показателями использования.

Практически неограниченные возможности строительства угольных разрезов в Канско-Ачинском бассейне и сравнительно благоприятные условия водоснабжения создают предпосылки для значительного развития конденсационной мощности. На территории бассейна в результате геологоразведочных работ выявлены мощные пласты, пригодные для открытой разработки, с общими запасами угля около 37 млрд. т. По данным Центргипрошахта, при разработке только первоочередных участков, обладающих наилучшими показателями, можно довести ежегодную добычу угля до 110—120 млн. т, что обеспечит работу электростанций суммарной мощностью около 25 млн. кВт. В настоящее время оценка угленосности всего бассейна и общих запасов углей, пригодных для открытой разработки, не закончена. Поисковыми работами освещено лишь 15% общей площади угленосных отложений. Несомненно, при дальнейшем продолжении геологоразведочных работ число месторождений бассейна, имеющих исключительно низкую себестоимость добычи углей, значительно возрастет. Следовательно, производство дешевой электрической энергии в этом районе по условиям топливоснабжения практически не имеет ограничения.

Вблизи Итатского, Боготольского, Ирша-Бородинского, Абанского и Балайского месторождений целесообразно уже сейчас сооружать конденсационные электростанции мощностью до 3—4 млн. кВт каждая. Подобное концентрированное развитие энергетики позволит сосредоточить капитальные вложения на меньшем числе мощных и высокоэкономичных электростанций, приведет к удешевлению их строительства и обеспечит быстрое наращивание электрических мощностей в Центральной Сибири.

При проектировании сибирских тепловых электростанций особое внимание должно быть обращено на обоснованный выбор профиля основного оборудования, так как оптимальные значения параметров паросилового цикла, определенные из условий сжигания дорогого топ-

лива Европейской части СССР, не будут наилучшими для условий Сибири с ее исключительно дешевыми углями.

Наряду с конденсационными станциями в районах Центральной Сибири получат дальнейшее развитие теплоэлектроцентрали. Увеличение теплофикационной мощности произойдет как за счет расширения существующих ТЭЦ, так и путем строительства новых теплоэлектроцентралей мощностью 200—300 тыс. кВт с агрегатами типа ВР-25, ВТ-50, ВПТ-50, ВТ-100. Подобные ТЭЦ возникнут в ряде городов со сравнительно плотной многоэтажной застройкой, а также вблизи крупных теплоемких предприятий, какими являются металлургические комбинаты, глиноземные и нефтеперерабатывающие заводы и т. п.

Предстоящее пятнадцатилетие явится и периодом широкого освоения гидроэнергетических ресурсов Центральной Сибири, главным образом бассейна Ангары и Енисея. В рассматриваемой перспективе целесообразно осуществить строительство Усть-Илимской, Саянской, Богучанской и Енисейской гидроэлектростанций. Вместо двух последних гидроэлектростанций по ряду экономических соображений может оказаться целесообразным строительство одной Нижне-Ангарской ГЭС, технико-экономические показатели которой, вероятно, будут близки к показателям Енисейской ГЭС. В конце рассматриваемого периода предстоит начать строительство Осиновской ГЭС, чтобы к 1980 г. в основном осуществить гидроэнергетическое освоение Енисея. Определенный интерес представляют гидроэнергетические установки на других реках Центральной Сибири и, в частности, на Оби (Каменская ГЭС), на Катунь (Усть-Семинская, Диаландинская ГЭС), на Томи (Томская, Кемеровская, Бычьегорловская ГЭС), мощности и сроки сооружения которых требуют дальнейшего изучения.

Исключительно большие масштабы строительства тепловых и гидравлических электростанций в Центральной Сибири в предстоящее пятнадцатилетие обусловлены ускоренным развитием производительных сил, широким внедрением электроэнергии в технологические процессы промышленного производства, полной электрификацией железнодорожного транспорта, сельского хозяйства и быта.

Потребление электрической энергии, по расчетам Транспортно-энергетического института Сибирского отделения АН СССР, произведенным на основании намечаемого развития производительных сил Центральной Сибири, увеличится в 1959—1975 гг. примерно в 16—17 раз и достигнет 330—350 млрд. кВт-ч.

Вследствие широкого развития электроемких производств на базе использования высокоэкономичных энергетических ресурсов наибольший рост электропотребления произойдет в Красноярском и Иркутском экономических районах. Доля этих районов в общем потреблении электрической энергии по Центральной Сибири в рассматриваемый период увеличится примерно вдвое и составит более 50%.

В предстоящие годы значительные изменения произойдут и в отраслевой структуре электропотребления ЕЭС Центральной Сибири (табл. 1).

Производство электрической энергии в Центральной Сибири будет превышать ее потребности, так как часть электроэнергии предполагается передавать в другие районы, главным образом на Урал. По данным проектных организаций Министерства строительства электростанций, на уровне 1975 г. Уральская энергетическая система сможет принять из Сибири около 50 млрд. кВт-ч.

Таким образом, производство электрической энергии в Центральной Сибири в пятнадцатилетней перспективе возрастет до 380—



Таблица 1

## Отраслевая характеристика электропотребления районов ЕЭС Центральной Сибири (в %)

Экономические районы	Промышленность			Транспорт			Сельское хозяйство			Жилищно-коммунальное хозяйство городов		
	1958	1965	1975	1958	1965	1975	1958	1965	1975	1958	1965	1975
Новосибирский	43	44,4	63,0	45,2	43,5	23,3	0,8	2,3	3,3	11	9,8	10,4
Алтайский	79	78	67,5	1,5	7,1	7	10,1	8,8	13,5	9,4	6,1	12
Томский	90,3	91	76,2	0,5	0,6	1,2	0,2	2,3	6,4	9	6,1	16,2
Кемеровский	91,3	86,1	88	3	9	6,2	0,8	0,8	1,2	4,9	4,1	4,6
Красноярский	81	84,8	93,4	3,7	10	3,6	7,8	2,3	1,2	7,5	2,9	1,8
Иркутский	87,1	85	91	6,5	10,7	5,6	1,9	0,9	0,9	4,5	3,4	2,5
Всего по Центральной Сибири	81,6	81,8	88,4	9,5	12,4	6,0	2,5	1,7	1,8	6,4	4,1	3,8

400 млрд. кВт-ч, а установленная мощность электростанций достигнет 65—66 млн. кВт. Удельный вес сибирских электростанций в общесоюзной выработке электроэнергии в 1975 г. поднимется до 27%, а производство энергии на одного жителя составит свыше 20 тыс. кВт-ч.

Отличительной особенностью развития энергетики Центральной Сибири в 1966—1975 гг. явится примерно одинаковый по масштабам ввод новой мощности как на тепловых, так и на гидравлических станциях. Среднегодовой прирост мощности увеличится до 5 млн. кВт против 1,6 ÷ 1,8 млн. кВт в текущей семилетке. К концу рассматриваемого периода из общей установленной мощности около 45% будет приходиться на ГЭС и 55% — на тепловые станции.

В энергетическом балансе не учитываются атомные электростанции (АЭС), применение которых в данном районе может быть оправдано только при дальнейшем резком повышении их экономических показателей. В условиях Сибири АЭС получают распространение позже, чем в других районах страны. Только на Крайнем Севере может оказаться целесообразным применение передвижных или стационарных атомных станций уже в ближайшее время.

## IV

Крупные тепловые и гидравлические электростанции являются опорными пунктами единой энергетической системы Центральной Сибири. К 1965 г. эта система объединит основные электростанции от Новосибирска до Иркутска. Высшей ступенью напряжения в энергообъединении к этому времени будет 500 кв. Дальнейшее развитие ЕЭС Центральной Сибири потребует решения сложных научно-технических задач, связанных с генерированием и распределением больших количеств энергии.

Перетоки мощности на уровне 1975 г., определенные в Транспортно-энергетическом институте СО АН СССР в результате анализа энергетических балансов отдельных районов Сибири, показали, что напряжение 500 кв в ряде случаев будет уже недостаточным и возникнет необходимость перехода на напряжение 700—750 кв, особенно в связи с передачей электроэнергии в сторону западных районов Сибири и Урала. Электропередачу Сибирь—Урал мощностью порядка 8 млн. кВт можно выполнить на постоянном или переменном токе при использовании настроенных на полуволну линий; настроенные электро-

передачи и электропередачи постоянного тока на расстояние около 2500 км характеризуются себестоимостью передачи порядка 0,5 коп/кВт-ч.

К началу ввода в эксплуатацию Саянской ГЭС следует предусмотреть строительство линии Саянская ГЭС — Абакан — Канск (Тайшет) на напряжении 500 кв для связи этой гидроэлектростанции с мощными тепловыми станциями Канского узла и гидроэлектростанциями Ангарского каскада. Целесообразно также линию Абакан — Томь-Уса выполнить в габаритах 500 кв, чтобы впоследствии обеспечить участие Саянской ГЭС в покрытии пика нагрузки Кузбасса, осуществить дополнительный выход мощности канских (ирша-бородинских) электростанций в западном направлении и создать южносибирскую 500 кв цепь: район Тайшет — Абакан — Кузбасс.

Рекомендуемое усиление связей центрального района Сибирского энергообъединения с западной его частью и сооружение передачи на Урал позволят покрыть дефицит в энергии этих районов, располагающих меньшими энергетическими ресурсами, за счет производства в Красноярской энергосистеме дешевой электрической энергии.

Расширение границ и сферы влияния ЕЭС Центральной Сибири будет происходить не только в западном направлении, но и на север в район Осинской ГЭС, а также на восток с целью объединения с забайкальскими и будущей Якутской энергетическими системами.

Одновременно с сооружением магистральных электропередач большое развитие получат распределительные сети, имеющие важное значение для расширения централизованного электроснабжения потребителей и осуществления сплошной электрификации рассматриваемого района.

Сплошная электрификация предполагает доведение электроэнергии до потребителей на всей обжитой территории Центральной Сибири. И если очень важно выработать необходимое количество электроэнергии для удовлетворения общего спроса на электроэнергию всего района, то не менее важно эту электроэнергию распределить по всей его территории. Отечественный и зарубежный опыт электроснабжения показал, что капитальные вложения в распределительные сети (включая и подстанции) значительно выше, чем стоимость необходимых электростанций. Таким образом, вторым важнейшим мероприятием, обеспечивающим условия сплошной электрификации каждого района страны, является сооружение соответствующих распределительных сетей и, в первую очередь, сетей на номинальные напряжения 110 и 35 кв.

Линии электропередачи напряжением 220 кв и выше тоже участвуют в распределении электроэнергии станций. Однако эти линии доставляют в пункты и районы потребления электроэнергию больших мощностей, как правило, в сотни и тысячи мегаватт, и дальнейшее использование дорогих линий и сетей на напряжении 220 кв и выше уже неэкономично для распределения электроэнергии между сравнительно мелкими потребителями. Здесь выгоднее использовать сети 110 кв или даже 35 кв.

В районах Центральной Сибири, как это уже отмечалось, сетей 110 и 35 кв мало. Поэтому следует говорить о сооружении заново таких сетей на всей ее территории, площадь которой определяется примерно длиной по широте 2000 км и шириной по меридиану 1000 км.

Чтобы определить общую протяженность сетей 110 и 35 кв на всей территории Центральной Сибири, исходя из условий сплошной электрификации, представим себе схематично указанные сети в виде правильной сетки, образованной параллельными линиями 110 кв, проложенными в меридиональном направлении, и параллельными линиями 35 кв, идущими в широтном направлении, на расстоянии 50 км.



Такая распределительная сеть имела бы общую протяженность линий около 100 тыс. км и обеспечивала бы возможность подключения потребителя мощностью в десятки мегаватт в любой точке территории Центральной Сибири.

Можно к этому вопросу подойти с другой стороны. В США имеется около 400 тыс. км распределительных сетей. Территория США больше территории Центральной Сибири примерно в 4 раза. Предполагая через 15—20 лет охват территории Центральной Сибири распределительными сетями не меньший, чем это есть сейчас в США, получим также 100 тыс. км. С учетом линий электропередач напряжением 220 кВ и выше общая длина высоковольтных сетей составит 125—150 тыс. км. При этом на один мегаватт установленной мощности будет приходиться 1,5—2,0 км ЛЭП. Сравнительно небольшая величина удельной протяженности сетей обусловлена, в частности, значительным развитием в Центральной Сибири электромеханических производств, которые размещаются, как правило, вблизи электрических станций.

Создание разветвленной сети высоковольтных линий и доведение их длины до указанных размеров потребуют ежегодного ввода в действие в текущем семилетии 4—8 тыс. км, с доведением в последующие годы годового прироста до 9—15 тыс. км.

Большие перспективы развития энергетики настоятельно требуют решения научных проблем в области производства, распределения и потребления электрической энергии, направленных на повышение надежности и экономичности электроснабжения.

Дальнейшее изучение топливных и гидроэнергетических ресурсов позволит установить масштабы и очередность их освоения, а также роль тепловых, гидравлических и атомных электростанций в энергетических объединениях различных районов страны. Ряд важных вопросов электроэнергетики рассматривается в институтах Сибирского отделения АН СССР. Например, под руководством акад. С. А. Христиановича проводятся большие исследования по созданию нового вида энергетических установок на базе паро-газового цикла, значительно удешевляющих производство электроэнергии.

В лабораториях Транспортно-энергетического института изучаются вопросы выбора оптимальной мощности и параметров конденсационных электростанций в ЭЭС Сибири, наилучших режимов работы ГЭС в каскаде и энергетическом объединении; исследуется новый вид дальних электропередач переменного тока, настроенных на полуволну, разрабатываются принципы автоматического управления различными элементами системы с целью создания специальной электронно-вычислительной машины, способной обеспечить высокую экономичность и надежность работы ЭЭС.

Создание в Сибири крупнейшей базы по производству исключительно дешевой электрической энергии, включающей наиболее совершенные электростанции и разветвленную сеть самых высоковольтных и протяженных электропередач, явится важным вкладом в дело выполнения ленинских заветов о сплошной электрификации страны.

Транспортно-энергетический институт  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
8/III 1960

С. И. ГАЛКИН

### КРУЧЕНИЕ КАРКАСИРОВАННОЙ КРУГОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМ ВЫРЕЗОМ

В работе рассмотрена задача о кручении круговой цилиндрической оболочки с прямоугольным вырезом, подкрепленной упругими шпангоутами (рис. 1).

Принято, что шпангоуты разбивают замкнутую часть оболочки на равные отсеки длиной  $l$ . Открытая часть оболочки, состоящая из двух отсеков, ограничена по краям замкнутыми шпангоутами. Продольные края открытой части оболочки свободны от подкреплений продольными элементами типа бимсов. Отсеки и шпангоуты оболочки занумерованы так, как показано на рис. 1. На этом же рисунке показано положительное направление оси  $x$  и начало отсчета угла  $\varphi$ .

1. Задача решается при следующих допущениях. Считается, что обшивка работает как тонкая безмоментная оболочка, воспринимающая осевые  $T_k(\varphi)$  и касательные  $\Phi_k(\varphi)$  усилия; коэффициент Пуассона обшивки принимается равным нулю; шпангоуты имеют конечную жесткость на изгиб в своей плоскости и равные нулю жесткости кручения и изгиба из своей плоскости. Предполагается также, что шпангоуты по контуру непрерывно связаны с обшивкой; радиус нейтральной оси шпангоута равен радиусу срединной поверхности обшивки.

При этих предположениях задача сводится к решению следующей системы дифференциально-разностных уравнений [1]:

$$\begin{aligned} V_k - V_{k-1} + \frac{l}{2R} \frac{d}{d\varphi} (U_k - U_{k-1}) &= \frac{l}{G\delta} \left( \Phi_k - \frac{G\delta}{12ER^2} \frac{d^2\Phi_k}{d\varphi^2} \right), \\ \frac{E\delta}{l} (2U_k - U_{k-1} - U_{k+1}) &= \frac{l}{2R} \frac{d}{d\varphi} (\Phi_k + \Phi_{k+1}), \\ \bar{E} I D_\varphi^2 V_k + R^4 (\Phi_{k+1} - \Phi_k) &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $U_k, V_k$  — осевые смещения и смещения по касательной обшивки по  $k$ -му шпангоуту,  $\Phi_k$  — поток касательных усилий в  $k$ -ом отсеке оболочки,  $E, G$  — модуль нормальной упругости и модуль сдвига оболочки,  $\bar{E}$  — модуль нормальной упругости шпангоута,  $\delta$  — толщина обшивки,  $R$  — радиус оболочки,  $l$  — длина отсека,  $I$  — собственный момент инерции шпангоута.

$$D_\varphi^2(\ ) = \frac{d^6(\ )}{d\varphi^6} + 2 \frac{d^4(\ )}{d\varphi^4} + \frac{d^2(\ )}{d\varphi^2}.$$

С помощью функций  $U_k, V_k, \Phi_k$  легко определяются все прочие компоненты напряженного состояния оболочки. Например, осевые усилия в обшивке в сечении по  $k$ -му шпангоуту [1] находятся так:

$$T_k = \frac{E\delta}{l} (U_k - U_{k-1}) - \frac{l}{2R} \frac{d\Phi_k}{d\varphi}. \quad (2)$$

Радиальные смещения и изгибающие моменты, возникающие в сечениях  $k$ -го шпангоута, определяются соответственно:







$$V_k = \frac{M_{кр} k l}{2\pi R G \delta} - \frac{l}{E \delta} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{C_n}{\lambda_{1n} (\beta_{1n} - \beta_{3n})} \left[ \frac{(\beta_{1n} - 1)^2 \beta_{1n}^{-k}}{\beta_{1n}} - \frac{(\beta_{3n} - 1)^2 \beta_{3n}^{-k}}{\beta_{3n}} \right] \cos n \varphi - \frac{l}{E \delta} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{B_n (\beta_{1n} - 1)(\beta_{3n} - 1)}{\frac{\ln}{R} \lambda_{1n} \beta_{1n} \beta_{3n} (\beta_{1n} - \beta_{3n})} \times$$

$$\times [\beta_{3n} (\beta_{1n} - 1) \beta_{1n}^{-k} - \beta_{1n} (\beta_{3n} - 1) \beta_{3n}^{-k}] \cos n \varphi; \quad (8)$$

$$\Phi_k = \frac{M_{кр}}{2\pi R^2} + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{C_n}{\beta_{1n} - \beta_{3n}} [(\beta_{1n} - 1) \beta_{1n}^{-k} - (\beta_{3n} - 1) \beta_{3n}^{-k}] \cos n \varphi +$$

$$+ \sum_{n=2}^{\infty} B_n \frac{(\beta_{1n} - 1)(\beta_{3n} - 1) (\beta_{1n}^{-k} - \beta_{3n}^{-k})}{\frac{\ln}{R} (\beta_{1n} - \beta_{3n})} \cos n \varphi, \quad (9)$$

где  $k$  в формулах (7), (8) — номер шпангоута, в формуле (9) — номер отсека;  $C_n$ ,  $B_n$  — коэффициенты рядов Фурье:

$$C_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f_1(\varphi) \cos n \varphi d\varphi, \quad B_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f_2(\varphi) \sin n \varphi d\varphi, \quad n = 2, 3, 4, \dots, \quad (10)$$

$$\lambda_{1n} = cn^2(n^2 - 1)^2, \quad c = \frac{\bar{E} l l}{ER^4 \delta}; \quad (11)$$

$\beta_{1n}$ ,  $\beta_{3n}$  — корни уравнения

$$\left(\beta_n + \frac{1}{\beta_n}\right)^2 - \left(\beta_n + \frac{1}{\beta_n}\right) [\lambda_{1n} (\lambda_2 - \lambda_{3n}) + 4] + 2 [\lambda_{1n} (\lambda_2 + 2\lambda_{3n}) + 2] = 0, \quad (12)$$

удовлетворяющие условию

$$|\beta_{1n}| > 1, \quad |\beta_{3n}| > 1 \quad (13)$$

Здесь  $\lambda_2 = \frac{E}{G}$ ,  $\lambda_{3n} = \frac{d^2 n^2}{6}$ ,  $d = \frac{l}{R}$ .

В работе [2] показано, что уравнение (12) имеет или четыре действительных корня или две пары комплексных сопряженных корней, из которых два корня всегда удовлетворяют условию (13).

В случае комплексных корней выражения (7), (8), (9) принимают вид:

$$U_k = -\frac{l^2}{2ER\delta} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{n C_n \rho_{1n}^{-k}}{\gamma_{1n} [(a_{1n} - 1)^2 + \gamma_{1n}^2]} \{ [(a_{1n}^2 - 1) + \gamma_{1n}^2] \sin k \psi_{1n} + 2\gamma_{1n} \cos k \psi_{1n} \} \sin n \varphi + \frac{l}{2E\delta} \sum_{n=2}^{\infty} \times$$

$$\times \frac{B_n \rho_{1n}^{-k}}{\gamma_{1n} [(a_{1n} - 1)^2 + \gamma_{1n}^2]} \{ \gamma_{1n} (3 - 2a_{1n} - \rho_{1n}^2) \cos k \psi_{1n} -$$

$$- [(a_{1n} - 1) (\rho_{1n}^2 - 1) - 2\gamma_{1n}^2] \sin k \psi_{1n} \} \sin n \varphi, \quad (14)$$

$$V_k = \frac{M_{кр} k l}{2\pi R^2 G \delta} - \frac{l}{E \delta} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{C_n \rho_{1n}^{-(k+2)}}{\lambda_{1n}} [(\rho_{1n}^2 - 1) \cos k \psi_{1n} -$$

$$- \frac{(a_{1n} - 2) \rho_{1n}^2 + a_{1n}}{\gamma_{1n}} \sin k \psi_{1n}] \cos n \varphi - \frac{l}{E \delta} \sum_{n=2}^{\infty} B_n \times$$

$$\times \frac{[(a_{1n} - 1)^2 + \gamma_{1n}^2] \rho_{1n}^{-(k+2)}}{\frac{\ln}{R} \gamma_{1n} \lambda_{1n}} [\gamma_{1n} \cos k \psi_{1n} - (\rho_{1n}^2 - a_{1n}) \sin k \psi_{1n}] \cos n \varphi, \quad (15)$$

$$\Phi_k = \frac{M_{кр}}{2\pi R^2} + \sum_{n=2}^{\infty} C_n \rho_{1n}^{-k} \left( \cos k \psi_{1n} - \frac{a_{1n} - 1}{\gamma_{1n}} \sin k \psi_{1n} \right) \cos n \varphi -$$

$$- \sum_{n=2}^{\infty} B_n \frac{\rho_{1n}^{-k} [(a_{1n} - 1)^2 + \gamma_{1n}^2] \sin k \psi_{1n}}{\frac{\ln}{R} \gamma_{1n}} \cos n \varphi, \quad (16)$$

где

$$\beta_{1n} = a_{1n} + i \gamma_{1n}, \quad \beta_{3n} = a_{1n} - i \gamma_{1n}, \quad \rho_{1n} = \sqrt{a_{1n}^2 + \gamma_{1n}^2},$$

$$\psi_{1n} = \arctg \frac{\gamma_{1n}}{a_{1n}}. \quad (17)$$

3. Задача о кручении открытой части оболочки, состоящей из двух отсеков, при условиях

$$\Phi_1 = \Phi_1' = \frac{M_{кр}}{2\pi R^2} + \sum_{n=2}^{\infty} D_n \cos n \varphi, \quad U_0 = U_0' = 0 \quad (18)$$

рассмотрена нами в работе [3]. Решение, полученное в этой работе, легко можно распространить на условия (5), если осевые смещения  $u$ -го шпангоута, лежащего в плоскости симметрии открытой оболочки, искать в виде:

$$U_a = \frac{l^2}{2ER\delta} \frac{d\Phi_0}{d\varphi} + \frac{l}{E\delta} \sum_{n=2}^{\infty} F_n \sin n \varphi. \quad (19)$$

Повторяя выкладки работы [3] с учетом (19), получим решение частной задачи (1), (5) о кручении открытой части оболочки в следующем виде:

$$\Phi_0 = - \sum_{n=1, 2}^{\infty} D_n \left\{ \frac{1}{\Delta} \left[ \Delta_{En} \left( ch \lambda \varphi + \frac{6}{c_1 a_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{1m} \cos m \varphi \right) + \right. \right.$$

$$\left. + \Delta_{An} \left( \cos \varphi + \frac{6}{c_1 a_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{2m} \cos m \varphi \right) + \Delta_{Bn} \left( 1 + \frac{6}{c_1 a_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} \times \right. \right.$$

$$\left. \left. \times d_{3m} \cos m \varphi \right) \right] - k_n (1 - \Psi_n) \cos n \varphi \} + \sum_{n=2}^{\infty} F_n \left\{ \frac{1}{\Delta} \left[ \bar{\Delta}_{En} (ch \lambda \varphi +$$



$$\begin{aligned}
 & + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{1m} \cos m \varphi) + \bar{\Delta}_{An} \left( \cos \varphi + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{2m} \cos m \varphi \right) + \\
 & + \bar{\Delta}_{Bn} \left( 1 + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{3m} \cos m \varphi \right) + \frac{3R}{l_1} \left( \frac{n \cos n \varphi}{n^2 + \lambda^2} + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{4mn} \times \right. \\
 & \left. \times \cos m \varphi \right), \quad (20)
 \end{aligned}$$

$$T_0 = -T_0' = -\frac{l_1 d \Phi_0}{R d \varphi}, \quad (21)$$

$$\begin{aligned}
 V_0 = -V_0' = & \frac{2R^4}{EI \Delta \pi} \sum_{n=1,2}^{\infty} \sum_{m=2}^{\infty} D_n \frac{\Delta_{En} x_{1m} + \Delta_{An} x_{2m} + \Delta_{Bn} x_{3m} + \Delta x_{4m}}{m^2 (m^2 - 1)^2} \cos m \varphi - \\
 & - \frac{2R^4}{EI \Delta \pi} \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=2}^{\infty} F_n \frac{\bar{\Delta}_{En} x_{1m} + \bar{\Delta}_{An} x_{2m} + \bar{\Delta}_{Bn} x_{3m} + \Delta x_{5mn}}{m^2 (m^2 - 1)^2} \cos m \varphi. \quad (22)
 \end{aligned}$$

Здесь введены обозначения:

$$\lambda = \frac{R}{l_1} \sqrt{\frac{3E}{G}}, \quad c_1 = \frac{EI l_1}{ER^4}, \quad d_1 = \frac{l_1}{R}; \quad (23)$$

$$\begin{aligned}
 \Delta & = p_1 (q_2 r_3 - q_3 r_2) - p_2 (q_1 r_3 - q_3 r_1) + p_3 (q_1 r_2 - q_2 r_1), \\
 \Delta_{En} & = S_{1n} (q_2 r_3 - q_3 r_2) - S_{2n} (q_1 r_3 - q_3 r_1) + S_{3n} (q_1 r_2 - q_2 r_1), \\
 \Delta_{An} & = S_{1n} (p_3 r_2 - p_2 r_3) + S_{2n} (p_1 r_3 - p_3 r_1) - S_{3n} (p_1 r_2 - p_2 r_1), \\
 \Delta_{Bn} & = S_{1n} (p_2 q_3 - p_3 q_2) - S_{2n} (p_1 q_3 - p_3 q_1) + S_{3n} (p_1 q_2 - p_2 q_1); \quad (24)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{\Delta}_{En} & = -t_{1n} (q_2 r_3 - q_3 r_2) + t_{2n} (q_1 r_3 - q_3 r_1) - t_{3n} (q_1 r_2 - q_2 r_1), \\
 \bar{\Delta}_{An} & = -t_{1n} (p_3 r_2 - p_2 r_3) - t_{2n} (p_1 r_3 - p_3 r_1) + t_{3n} (p_1 r_2 - p_2 r_1), \\
 \bar{\Delta}_{Bn} & = -t_{1n} (p_2 q_3 - p_3 q_2) + t_{2n} (p_1 q_3 - p_3 q_1) - t_{3n} (p_1 q_2 - p_2 q_1); \quad (25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_1 & = \operatorname{ch} \lambda \theta + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{1m} \cos m \theta, \\
 p_2 & = \frac{\operatorname{sh} \lambda \theta}{\lambda} + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{1m} \frac{\sin m \theta}{m}, \\
 p_3 & = \frac{\lambda \operatorname{sh} \lambda \theta \cos \theta + \operatorname{ch} \lambda \theta \sin \theta}{1 + \lambda^2} + \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{1m} \times \\
 & \times \left[ \frac{\sin (m-1) \theta}{m-1} + \frac{\sin (m+1) \theta}{m+1} \right]; \quad (26)
 \end{aligned}$$

$$q_1 = \cos \theta + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{2m} \cos m \theta,$$

$$q_2 = \sin \theta + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{2m} \frac{\sin m \theta}{m},$$

$$\begin{aligned}
 q_3 = & \frac{1}{2} \left( \theta + \frac{\sin 2\theta}{2} \right) + \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{2m} \left[ \frac{\sin (m-1) \theta}{m-1} + \right. \\
 & \left. + \frac{\sin (m+1) \theta}{m+1} \right]; \quad (27)
 \end{aligned}$$

$$r_1 = 1 + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{3m} \cos m \theta,$$

$$r_2 = \theta + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{3m} \frac{\sin m \theta}{m},$$

$$r_3 = \sin \theta + \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{3m} \left[ \frac{\sin (m-1) \theta}{m-1} + \frac{\sin (m+1) \theta}{m+1} \right]; \quad (28)$$

$$S_{11} = S_{31} = 0, \quad S_{21} = 1, \quad k_1 = 0, \quad D_1 = -\frac{M_{\text{кр}}}{2R^2}. \quad (29)$$

При  $n > 2$ :

$$k_n = 1, \quad S_{1n} = (1 - \Psi_n) \cos n \theta, \quad S_{2n} = \frac{1}{n} (1 - \Psi_n) \sin n \theta,$$

$$S_{3n} = \frac{1}{2} (1 - \Psi_n) \left[ \frac{\sin (n-1) \theta}{n-1} + \frac{\sin (n+1) \theta}{n+1} \right],$$

$$\Psi_n = \left[ 1 - \frac{3 \left( \pi - \theta - \frac{\sin 2n \theta}{2n} \right)}{c_1 d_1^2 \pi n^2 (n^2 + \lambda^2) (n^2 - 1)^2} \right] \left[ 1 - \frac{1}{1 + \frac{c_1 d_1^2 \pi n^2 (n^2 + \lambda^2) (n^2 - 1)^2}{3 \left( \theta + \frac{\sin 2n \theta}{2n} \right)}} \right]; \quad (30)$$

$$t_{1n} = \frac{3R}{l_1} \left[ \frac{n \cos n \theta}{n^2 + \lambda^2} + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{4mn} \cos m \theta \right],$$

$$t_{2n} = \frac{3R}{l_1} \left[ \frac{\sin n \theta}{n^2 + \lambda^2} + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{4mn} \frac{\sin m \theta}{m} \right],$$

$$t_{3n} = \frac{3R}{2l_1} \left[ \frac{n}{n^2 + \lambda^2} \left[ \frac{\sin (n-1) \theta}{n-1} + \frac{\sin (n+1) \theta}{n+1} \right] + \right.$$

$$\left. + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{m=2}^{\infty} d_{4mn} \left[ \frac{\sin (m-1) \theta}{m-1} + \frac{\sin (m+1) \theta}{m+1} \right] \right]; \quad (31)$$



$$x_{1m} = \frac{\lambda \operatorname{sh} \lambda \theta \cos m \theta + m \operatorname{ch} \lambda \theta \sin m \theta}{m^2 + \lambda^2} + \frac{3d_{1m}}{c_1 d_1^2 \pi} \left( \theta + \frac{\sin 2m \theta}{2m} \right) + \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{\substack{i=2 \\ i+m}}^{\infty} d_{1i} \left[ \frac{\sin(m-i)\theta}{m-i} + \frac{\sin(m+i)\theta}{m+i} \right],$$

$$x_{2m} = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin(m-1)\theta}{m-1} + \frac{\sin(m+1)\theta}{m+1} \right] + \frac{3d_{2m}}{c_1 d_1^2 \pi} \left( \theta + \frac{\sin 2m \theta}{2m} \right) + \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{\substack{i=2 \\ i+m}}^{\infty} d_{2i} \left[ \frac{\sin(m-i)\theta}{m-i} + \frac{\sin(m+i)\theta}{m+i} \right],$$

$$x_{3m} = \frac{\sin m \theta}{m} + \frac{3d_{3m}}{c_1 d_1^2 \pi} \left( \theta + \frac{\sin 2m \theta}{2m} \right) + \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{\substack{i=2 \\ i+m}}^{\infty} d_{3i} \left[ \frac{\sin(m-i)\theta}{m-i} + \frac{\sin(m+i)\theta}{m+i} \right],$$

$$x_{4mn} = \begin{cases} \frac{1}{2} (\Psi_n - 1) \left[ \frac{\sin(m-n)\theta}{m-n} + \frac{\sin(m+n)\theta}{m+n} \right] & \text{при } m \neq n, \\ \frac{1}{2} \left[ \pi + (\Psi_n - 1) \left( \theta + \frac{\sin 2n \theta}{2n} \right) \right] & \text{при } m = n, \end{cases}$$

$$x_{5mn} = \begin{cases} \frac{3R}{2l_1} \left[ \frac{m}{m^2 + \lambda^2} \left( \theta + \frac{\sin 2m \theta}{2m} \right) + \frac{6d_{4mn}}{c_1 d_1^2 \pi} \left( \theta + \frac{\sin 2m \theta}{2m} \right) + \sum_{\substack{i=2 \\ i+m}}^{\infty} d_{4ni} \left[ \frac{\sin(m-i)\theta}{m-i} + \frac{\sin(m+i)\theta}{m+i} \right] \right] & \text{при } m = n, \\ \frac{3R}{2l_1} \left[ \frac{n}{n^2 + \lambda^2} \left[ \frac{\sin(m-n)\theta}{m-n} + \frac{\sin(m+n)\theta}{m+n} \right] + \frac{6d_{4mn}}{c_1 d_1^2 \pi} \left( \theta + \frac{\sin 2m \theta}{2m} \right) + \frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{\substack{i=2 \\ i+m}}^{\infty} d_{4ni} \left[ \frac{\sin(m-i)\theta}{m-i} + \frac{\sin(m+i)\theta}{m+i} \right] \right] & \text{при } m \neq n; \end{cases} \quad (32)$$

$$d_{jm} = -a_{jm} + \frac{6b_m}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k-1} Q_{jmk}, \quad j = 1, 2, 3,$$

$$d_{4mn} = -a_{4mn} + \frac{6b_m}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k-1} Q_{4mnk}; \quad (33)$$

$$Q_{jmk} = \frac{1}{2} \sum_{\substack{i=2 \\ i+m}}^{\infty} a_{ji} \left[ \frac{\sin(m-i)\theta}{m-i} + \frac{\sin(m+i)\theta}{m+i} \right], \quad j = 1, 2, 3,$$

$$Q_{4mnl} = \frac{1}{2} \sum_{\substack{i=2 \\ i+m}}^{\infty} a_{4ni} \left[ \frac{\sin(m-i)\theta}{m-i} + \frac{\sin(m+i)\theta}{m+i} \right],$$

$$Q_{jmk} = \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{\substack{i=2 \\ i+m}}^{\infty} b_i Q_{ji(k-1)} \left[ \frac{\sin(m-i)\theta}{m-i} + \frac{\sin(m+i)\theta}{m+i} \right], \quad j = 1, 2, 3,$$

$$Q_{4mnk} = \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \sum_{\substack{i=2 \\ i+m}}^{\infty} b_i Q_{4ni(k-1)} \left[ \frac{\sin(m-i)\theta}{m-i} + \frac{\sin(m+i)\theta}{m+i} \right]; \quad (34)$$

$$b_m = \frac{1}{\frac{6}{c_1 d_1^2 \pi} \int_0^{\theta} \cos^2 m \varphi d \varphi + m^2 (m^2 + \lambda^2) (m^2 - 1)^2},$$

$$a_{1m} = \frac{b_m (\lambda \operatorname{sh} \lambda \theta \cos m \theta + m \operatorname{ch} \lambda \theta \sin m \theta)}{m^2 + \lambda^2},$$

$$a_{2m} = \frac{1}{2} b_m \left[ \frac{\sin(m-1)\theta}{m-1} + \frac{\sin(m+1)\theta}{m+1} \right],$$

$$a_{3m} = \frac{1}{2} b_m \frac{\sin m \theta}{m},$$

$$a_{4mn} = \begin{cases} \frac{1}{2} b_m \left[ \frac{m}{m^2 + \lambda^2} \left( \theta + \frac{\sin 2m \theta}{2m} \right) \right] & \text{при } m = n, \\ \frac{1}{2} b_m \left[ \frac{n}{n^2 + \lambda^2} \left[ \frac{\sin(m-n)\theta}{m-n} + \frac{\sin(m+n)\theta}{m+n} \right] \right] & \text{при } m \neq n. \end{cases} \quad (35)$$

4. Решение задачи о кручении каркасированной цилиндрической оболочки с прямоугольным вырезом может быть теперь получено с помощью выражений (7), (9) или (14), (16) и (20), (21). Для этого необходимо из условий (6) определить в этих выражениях коэффициенты  $C_n, B_n, D_n, F_n$ .

Вводя (5), (7), (9) или (14), (16) в первое и третье условия (6), получаем для  $n = 2, 3, 4 \dots$

$$D_n = \frac{C_n}{\beta_{1n} - \beta_{3n}} \left( \frac{\beta_{1n} - 1}{\beta_{1n}} - \frac{\beta_{3n} - 1}{\beta_{3n}} \right) + \frac{B_n}{(\beta_{1n} - \beta_{3n}) \frac{\ln}{R}} \times$$

$$\times (\beta_{1n} - 1)(\beta_{3n} - 1)(\beta_{1n}^{-1} - \beta_{3n}^{-1}),$$

$$F_n = \frac{l}{2l_1} \left\{ \frac{C_n \frac{\ln}{R}}{\beta_{1n} - \beta_{3n}} \left( \frac{\beta_{1n} + 1}{\beta_{1n} - 1} - \frac{\beta_{3n} + 1}{\beta_{3n} - 1} \right) + \frac{B_n (\beta_{1n} - 1)(\beta_{3n} - 1)}{\beta_{1n} - \beta_{3n}} \times \right.$$

$$\left. \times \left[ \frac{\beta_{1n} + 1}{(\beta_{1n} - 1)^2} - \frac{\beta_{3n} + 1}{(\beta_{3n} - 1)^2} \right] \right\} \quad (36)$$

в случае действительных корней или

$$D_n = \rho_{1n}^{-2} \left[ C_n - \frac{B_n (\rho_{1n}^2 - 2\alpha_{1n} + 1)}{\frac{\ln}{R}} \right],$$



$$F_n = -\frac{l}{l_1} \left\{ \frac{C_n \frac{ln}{R}}{\rho_{1n}^2 - 2a_{1n} + 1} - \frac{B_n (3 - 2a_{1n} - \rho_{1n}^2)}{2[(a_{1n} - 1)^2 - \rho_{1n}^2]^2} \right\}, \quad (37)$$

в случае комплексных корней. При  $n=1$ , как уже отмечалось,

$$D_1 = -\frac{M_{кр}}{2R^2}, \quad k_1 = 0.$$

Таким образом, если для всех  $n=2, 3, 4, \dots$  известны коэффициенты  $C_n, B_n$ , то с помощью (36) или (37) легко вычисляются коэффициенты  $D_n, F_n$ , после чего из выражений (20), (21), (22) можно вычислить компоненты напряженного и деформированного состояний.

Задача теперь состоит в определении коэффициентов  $C_n, B_n$ . Для этого используем второе и четвертое условия (6). Принимая во внимание (4), (20), а также (10), получаем следующие выражения для коэффициентов  $C_n, B_n$ :

$$\begin{aligned} C_n = C_n^{(1)} - \frac{2}{\pi} \sum_{s=2}^{\infty} D_s \left\{ \frac{1}{\Delta} [\Delta_{Es} (H_n + P_{1n}) + \Delta_{As} (S_n + P_{2n}) + \right. \\ \left. + \Delta_{Bs} (R_n + P_{3n})] - k_s (1 - \Psi_s) Q_{sn} \right\} - \frac{2}{\pi} \sum_{s=2}^{\infty} F_s \left\{ \frac{3R}{l_1} \left( \frac{s Q_{sn}}{s^2 + \lambda^2} \right) + P_{4sn} + \right. \\ \left. + \frac{1}{\Delta} [\bar{\Delta}_{Es} (H_n + P_{1n}) + \bar{\Delta}_{As} (S_n + P_{2n}) + \bar{\Delta}_{Bs} (R_n + P_{3n})] \right\}, \\ B_n = B_n^{(1)} + \frac{2l_1}{\pi R} \sum_{s=2}^{\infty} D_s \left\{ \frac{1}{\Delta} [\Delta_{Es} (\bar{H}_n - \bar{P}_{1n}) - \Delta_{As} (\bar{S}_n + P_{2n}) - \right. \\ \left. - \Delta_{Bs} \bar{P}_{3n}] + k_s (1 - \Psi_s) s \bar{Q}_{sn} \right\} + \frac{2l_1}{\pi R} \sum_{s=2}^{\infty} F_s \left\{ \left( \frac{s^2 \bar{Q}_{sn}}{s^2 + \lambda^2} + \bar{P}_{4sn} \right) \frac{3R}{l_1} - \right. \\ \left. - \frac{1}{\Delta} [\bar{\Delta}_{Es} (\bar{H}_n - \bar{P}_{1n}) - \bar{\Delta}_{As} (\bar{S}_n + \bar{P}_{2n}) - \bar{\Delta}_{Bs} \bar{P}_{3n}] \right\}, \end{aligned} \quad (38)$$

где

$$\begin{aligned} C_n^{(1)} = \frac{M_{кр}}{\pi R^2} \left\{ \frac{1}{\Delta} [\Delta_{E1} (H_n + P_{1n}) + \Delta_{A1} (S_n + P_{2n}) + \right. \\ \left. + \Delta_{B1} (R_n + P_{3n})] \right\}, \\ B_n^{(1)} = \frac{l_1 M_{кр}}{R \pi R^2} \left\{ \frac{1}{\Delta} [\Delta_{E1} (\bar{H}_n - \bar{P}_{1n}) - \Delta_{A1} (\bar{S}_n + \bar{P}_{2n}) - \right. \\ \left. - \Delta_{B1} \bar{P}_{3n}] \right\}; \\ H_n = -\frac{\lambda \operatorname{sh} \lambda \theta \cos n \theta + n \operatorname{ch} \lambda \theta \sin n \theta}{n^2 + \lambda^2}, \quad R_n = \frac{\sin n \theta}{n}, \\ S_n = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin(n-1)\theta}{n-1} + \frac{\sin(n+1)\theta}{n+1} \right], \\ P_{jn} = \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \left\{ \left( \theta + \frac{1}{2n} \sin 2n \theta \right) d_{jn} + \sum_{\substack{m=2 \\ m \neq n}}^{\infty} d_{jm} \left[ \frac{\sin(m-n)\theta}{m-n} + \right. \right. \end{aligned} \quad (39)$$

$$\begin{aligned} \left. + \frac{\sin(m+n)\theta}{m+n} \right\}, \quad j = 1, 2, 3, \\ P_{4sn} = \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \left\{ \left( \theta + \frac{1}{2n} \sin 2n \theta \right) d_{4sn} + \sum_{\substack{m=2 \\ m \neq n}}^{\infty} d_{4ms} \left[ \frac{\sin(m-n)\theta}{m-n} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\sin(m+n)\theta}{m+n} \right] \right\}, \\ Q_{sn} = \begin{cases} \frac{1}{2} \left( \theta + \frac{\sin 2n \theta}{2n} \right) \text{ при } s = n, \\ \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin(n-s)\theta}{n-s} + \frac{\sin(n+s)\theta}{n+s} \right] \text{ при } s \neq n, s = 2, 3, 4, \dots, n = 2, 3, 4, \dots; \end{cases} \quad (40) \\ \bar{H}_n = \frac{\lambda (\lambda \operatorname{ch} \lambda \theta \sin n \theta - n \operatorname{sh} \lambda \theta \cos n \theta)}{n^2 + \lambda^2}, \quad \bar{S}_n = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin(n-1)\theta}{n-1} - \frac{\sin(n+1)\theta}{n+1} \right], \\ \bar{P}_{jn} = \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \left\{ n d_{jn} \left( \theta - \frac{\sin 2n \theta}{2n} \right) + \sum_{\substack{m=2 \\ m \neq n}}^{\infty} m d_{jm} \left[ \frac{\sin(m-n)\theta}{m-n} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{\sin(m+n)\theta}{m+n} \right] \right\}, \quad j = 1, 2, 3, \\ \bar{P}_{4sn} = \frac{3}{c_1 d_1^2 \pi} \left\{ n d_{4sn} \left( \theta - \frac{\sin 2n \theta}{2n} \right) + \sum_{\substack{m=2 \\ m \neq n}}^{\infty} m d_{4sm} \left[ \frac{\sin(m-n)\theta}{m-n} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{\sin(m+n)\theta}{m+n} \right] \right\}, \\ \bar{Q}_{sn} = \begin{cases} \frac{1}{2} \left( \theta - \frac{\sin 2n \theta}{2n} \right) \text{ при } s = n, \\ \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin(n-s)\theta}{n-s} - \frac{\sin(n+s)\theta}{n+s} \right] \text{ при } s \neq n, s = 2, 3, 4, \dots, n = 2, 3, 4, \dots \end{cases} \quad (41) \end{aligned}$$

Системы уравнений (38), (36) или (37), могут быть решены методом последовательных приближений. Полагая в первом приближении  $F_s = 0, D_s = 0, k_s = 0$  при  $s > 2$ , из (38) получаем:

$$B_{n1} = B_n^{(1)}, \quad C_{n1} = C_n^{(1)}. \quad (42)$$

Вводя (42) в (36) или (37), вычисляем коэффициенты  $D_{n1}, F_{n1}$ , после подстановки которых в (38) определяем  $B_{n2}, C_{n2}$  следующего приближения и т. д. Анализ показал, что процесс последовательных приближений при всех  $n$  сходится тем быстрее, чем больше параметр  $c$ , характеризующий жесткость шпангоутов. Но даже при малой жесткости шпангоутов, когда параметр  $c = 2,5 \times 10^{-4}$ , для достижения точности расчета в 2% необходимо сделать 6—7 приближений.

На рис. 2, 3 приведены кривые распределения потоков касательных усилий в открытой части оболочки и осевых усилий по сечению стыка открытой и замкнутой частей оболочки для двух значений параметра  $c$ . Расчет произведен для оболочки, имеющей параметры  $\theta = \frac{3}{4} \pi$ ,



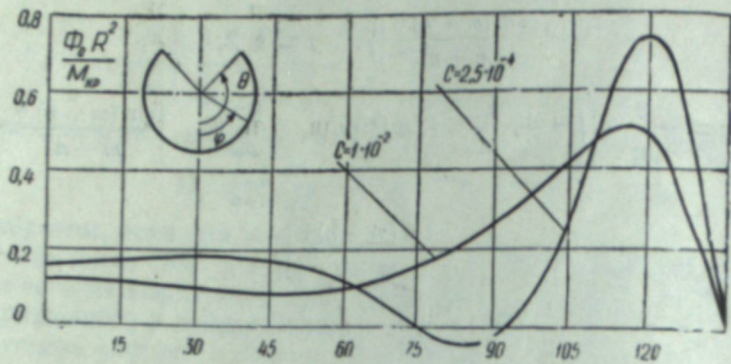


Рис. 2

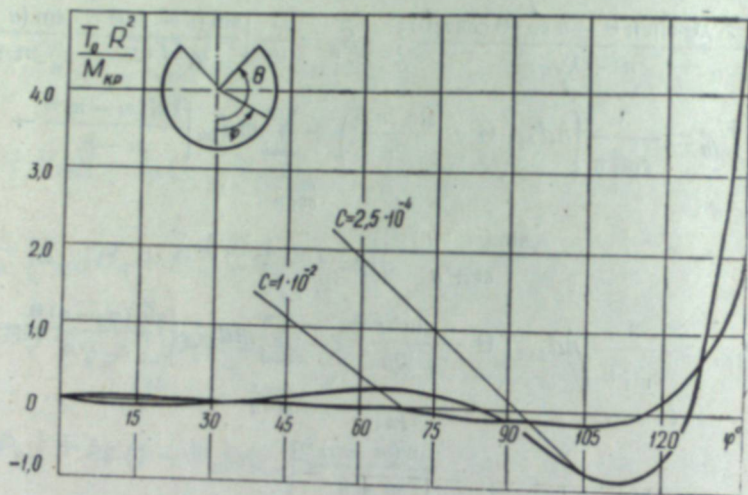


Рис. 3.

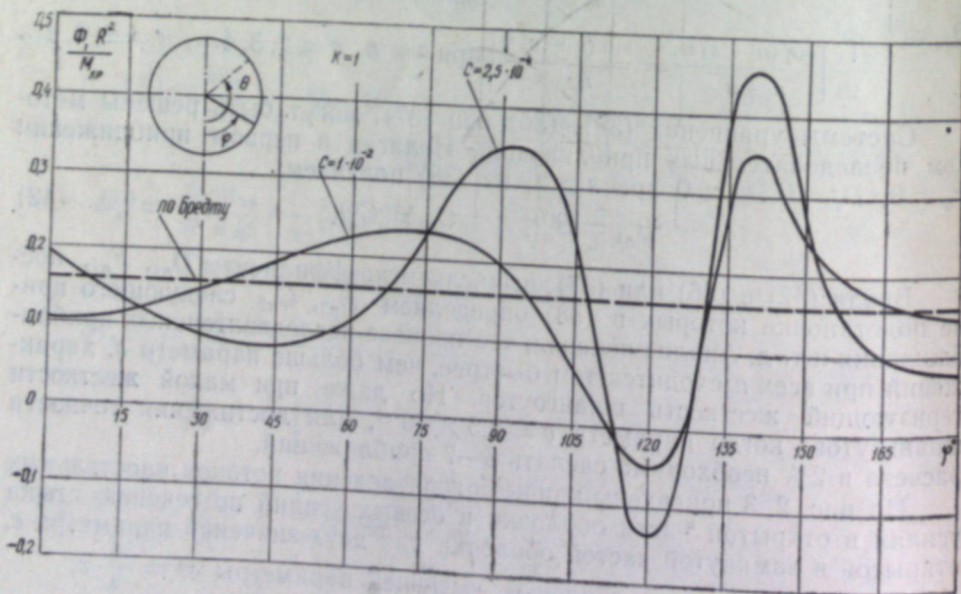


Рис. 4.

$d = d_1 = 0,5$ . Из анализа приведенных кривых можно заключить, что жесткость шпангоутов оказывает очень большое влияние на величину и характер распределения потоков касательных и осевых сил по поперечному сечению открытой части оболочки. При малой жесткости шпангоутов наблюдается большая концентрация как касательных, так и осевых напряжений вблизи продольных кромок открытой части оболочки.

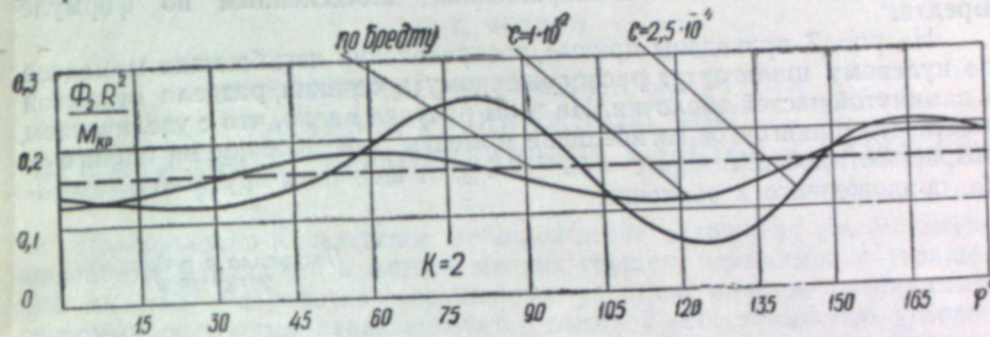


Рис. 5

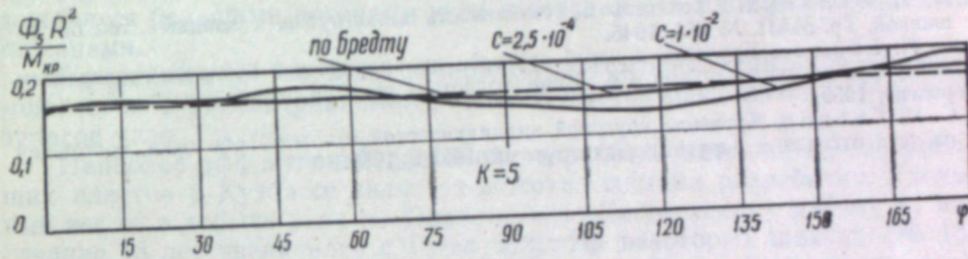


Рис. 6.

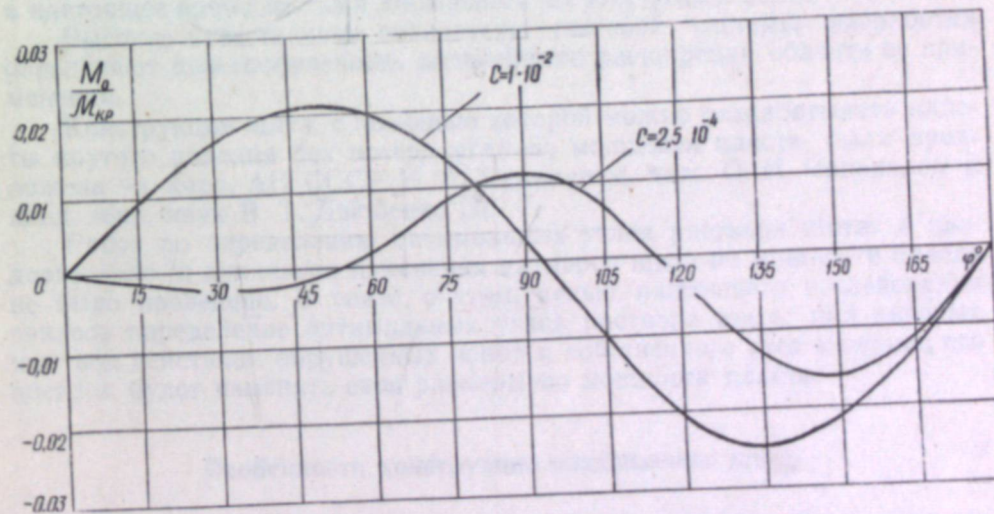


Рис. 7.

На рис. 4—6 приведены кривые распределения потоков касательных усилий в отсеках  $k = 1, 2, 5$  замкнутой части оболочки. Из рассмотрения приведенных рисунков видно, что в первом отсеке, непосредственно примыкающем к вырезу, наблюдается резкая неравномерность распределения потоков касательных усилий по поперечному сечению. Наибольшие напряжения возникают в углу выреза при  $\varphi = 135-145^\circ$ , где они в



2,3—2,9 раза превышают напряжения, вычисленные по формуле Бредта. При  $\varphi = 120^\circ$  наблюдается резкий провал напряжений. Здесь напряжения изменяют знак на обратный. По мере удаления от поперечного края выреза неравномерность распределения касательных усилий по сечениям замкнутой части оболочки сглаживается и значения их постепенно приближаются к напряжениям, вычисленным по формуле Бредта.

На рис. 7 приведены кривые распределения изгибающих моментов по нулевому шпангоуту, расположенному в сечении раздела открытой и замкнутой частей оболочки. На этом рисунке видно, что с увеличением жесткости шпангоутов изгибающие моменты, действующие на шпангоут, возрастают, достигая при  $c = 10^{-2}$  2,5% от величины крутящего момента, приложенного к оболочке.

Поступила в редакцию  
24/XI 1959

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. И. Балабух. Прочность и устойчивость шпангоутов, связанных тонкой обшивкой. Тр. МАП, № 681, 1945.
2. С. И. Галкин. Кручение и изгиб круговой цилиндрической оболочки, подкрепленной упругими шпангоутами. Сб. Вопр. расчета элементов авиа. констр., № 1. Оборонгиз, 1959.
3. С. И. Галкин. Кручение круговой цилиндрической открытой оболочки, состоящей из двух отсеков, с упругими шпангоутами. ГКАТ, 1959.

И. Е. ЧЕРНОВ

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УГЛОВ РАСТВОРА РАЗДВИЖНОГО ЩИТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ В КУЗБАССЕ

Прокопьевско-Киселевское месторождение осложнено рядом дизъюнктивных нарушений и массой мелких трещин, пережимов и утолщений пластов. Разработка нарушенных участков пластов различными слоевыми системами характеризуется высокой себестоимостью угледобычи и низкой производительностью забоя и труда рабочих, применение же обычных щитов плоской конструкции, а тем более камер, сопровождается большими потерями угля и связанными с ними эндогенными пожарами.

По данным [1], на мощные пласты крутого падения с переменной мощностью в рассматриваемом районе Кузбасса приходится более 50% запасов угля.

Наиболее эффективной системой разработки мощных крутопадающих пластов в Кузбассе является щитовая система разработки. Удельный вес ее в добыче угля по Прокопьевско-Киселевскому району за последние 18 лет увеличился с 10 до 58%. На некоторых шахтах (№ 13, «Суртаиха», «Дальние горы», «Тайбинская», «Зиминка капитальная») в настоящее время щитами добывается до 90% угля и более.

Высокие качественные показатели щитовой системы разработки определяют целесообразность дальнейшего расширения области ее применения.

Конструкция щита, с помощью которой можно разрабатывать пласты крутого падения без потерь угля по мощности пласта, была предложена чл.-корр. АН СССР Н. А. Чинакалом, инж. О. Н. Чинакалом и канд. техн. наук В. Т. Дзюбенко [2].

Работ по определению оптимальных углов раствора щита, а следовательно, и диапазона изменения размеров щита по мощности пласта не было проведено. В связи с этим, целью настоящего исследования явилось определение оптимальных углов раствора щита, при которых щит под действием обрушенных пород и собственного веса в период его посадок будет изменять свои размеры по мощности пласта.

#### Особенности конструкции раздвижного щита

В основу конструкции раздвижного щита положено использование силы тяжести не только для его передвижения вниз, но и для изменения размеров щита по мощности пласта.

Щит (рис. 1) состоит из двух плоских бессекционных щитов, поставленных под углом один к другому. В верхней части эти щиты соединяются шарнирно, а снизу — стяжками из троса. В поперечном сечении конструкция дает замкнутую фигуру равнобедренного тупоугольного



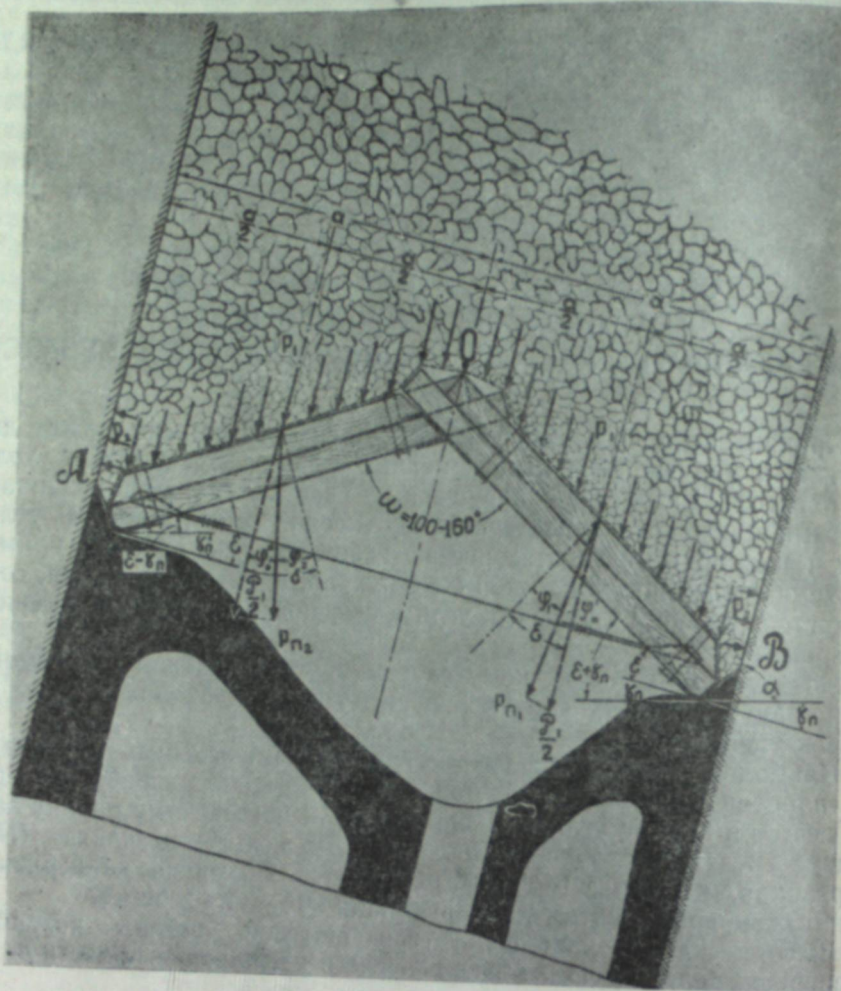


Рис. 1.

го треугольника, в котором боковыми сторонами являются обычные бессекционные щиты, а основанием служат стяжки.

Шатровая форма конструкции щита повышает его прочность по сравнению с плоским щитом такого же размера, а гибкая стяжка и шарнир позволяют изменять размеры по мощности пласта.

Увеличение размеров щита по мощности пласта осуществляется давлением обрушенных пород в период его общих посадок. Уменьшение размеров щита по мощности пласта производится частичными посадками только по висячему боку или только по лежащему боку пласта. Величина раздвижки регулируется с помощью стяжек.

Таким образом, можно изменять углы раствора щита и обеспечивать этим разные размеры щита по мощности пласта. Это позволяет производить полную выемку угля при отработке пластов с изменяющейся мощностью.

В основе оценки раздвижения и сдвига щита лежит разность раздвигающих и сдвигающих усилий, возникающих в щите в результате давления обрушенных пород и собственного веса щита, т. е.

$$F_{\text{раздв}} - F_{\text{сдв}}$$

Значение этой разности определяет возможность раздвижки и сдвига щита:

- при  $F_{\text{раздв}} - F_{\text{сдв}} < 0$  (1) щит в период его посадок будет сдвигаться, т. е. уменьшать свои размеры по мощности;
- при  $F_{\text{раздв}} - F_{\text{сдв}} = 0$  (2) щит в период его посадок не будет изменять свои размеры по мощности пласта, что соответствует минимальному углу раствора щита —  $\omega_{\text{min}}$ .
- при  $F_{\text{раздв}} - F_{\text{сдв}} > 0$  (3) давлением обрушенных пород щит будет раздвигаться.

Максимальный угол раствора —  $\omega_{\text{max}}$  определяется конструкцией шарнирного соединения накатника щита и принимается для щитов с размером по ширине до 9,0 м равным  $160^\circ$  и более 9,0 м —  $150^\circ$ . Верхние предельные значения  $\omega_{\text{max}} = 150 - 160^\circ$  для указанных размеров щитов хорошо подтверждаются проведенными опытами [3, 4]. В случаях превышения  $\omega_{\text{max}}$  более  $160^\circ$  накатник в шарнирном соединении по длинным брусам начинает ломаться. Следует отметить, что с увеличением угла раствора  $\omega$  выше  $150^\circ$  размеры щита по ширине увеличиваются незначительно.

Для определения минимального угла раствора —  $\omega_{\text{min}}$  рассмотрим, какие усилия появляются в щите в результате давления на него обрушенных пород.

#### Определение направлений и точек приложения сил, действующих на щит на пластах крутого падения

В общем виде схема сил, действующих на неподвижный щит при наклонных ограждающих стенках, приведена на рис. 1.

Как показывают результаты определения давления на днище бункеров и силосов [5, 6], а также на плоский щит при наличии наклонных ограждающих стенок [7], непосредственно на щит будет действовать составляющая нагрузка давления обрушенных пород  $P_1$ , направленная параллельно почве пласта. Составляющая нагрузка  $P_2$  будет восприниматься боковыми породами пласта.

Замером горного давления на плоском щите, проведенном лабораторией систем разработки ИГД СО АН СССР [8], в производственных условиях установлено, что нагрузка на щит распределяется по своду, причем с глубиной опускания щита форма свода становится более стабильной. Величина нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  поверхности щита, полученная по замеру, соответствует нагрузке на  $1 \text{ м}^2$  площади щита, рассчитанной по формуле М. М. Протодьяконова [9].

Практика применения плоских бессекционных щитов полностью подтверждает правильность применения этой формулы для определения общей нагрузки на щит.

Исходя из изложенного, общую нагрузку на щит (рис. 2, 1) можно определить по формуле М. М. Протодьяконова [9]:

$$P_1 = \frac{4}{3} \delta \frac{a^2}{f} \quad (4)$$

где  $a$  — полупролет щита, м,

$f$  — коэффициент крепости пород,

$\delta$  — объемный вес породы,  $\text{т/м}^3$ .

Коэффициент крепости для сыпучих пород, каковыми в данном случае являются обрушенные породы над щитом, равен тангенсу угла внутреннего трения —  $\rho$  [10], т. е.  $f = \text{tg } \rho$ .

Подставляя значение  $f$  в формулу (4), получим



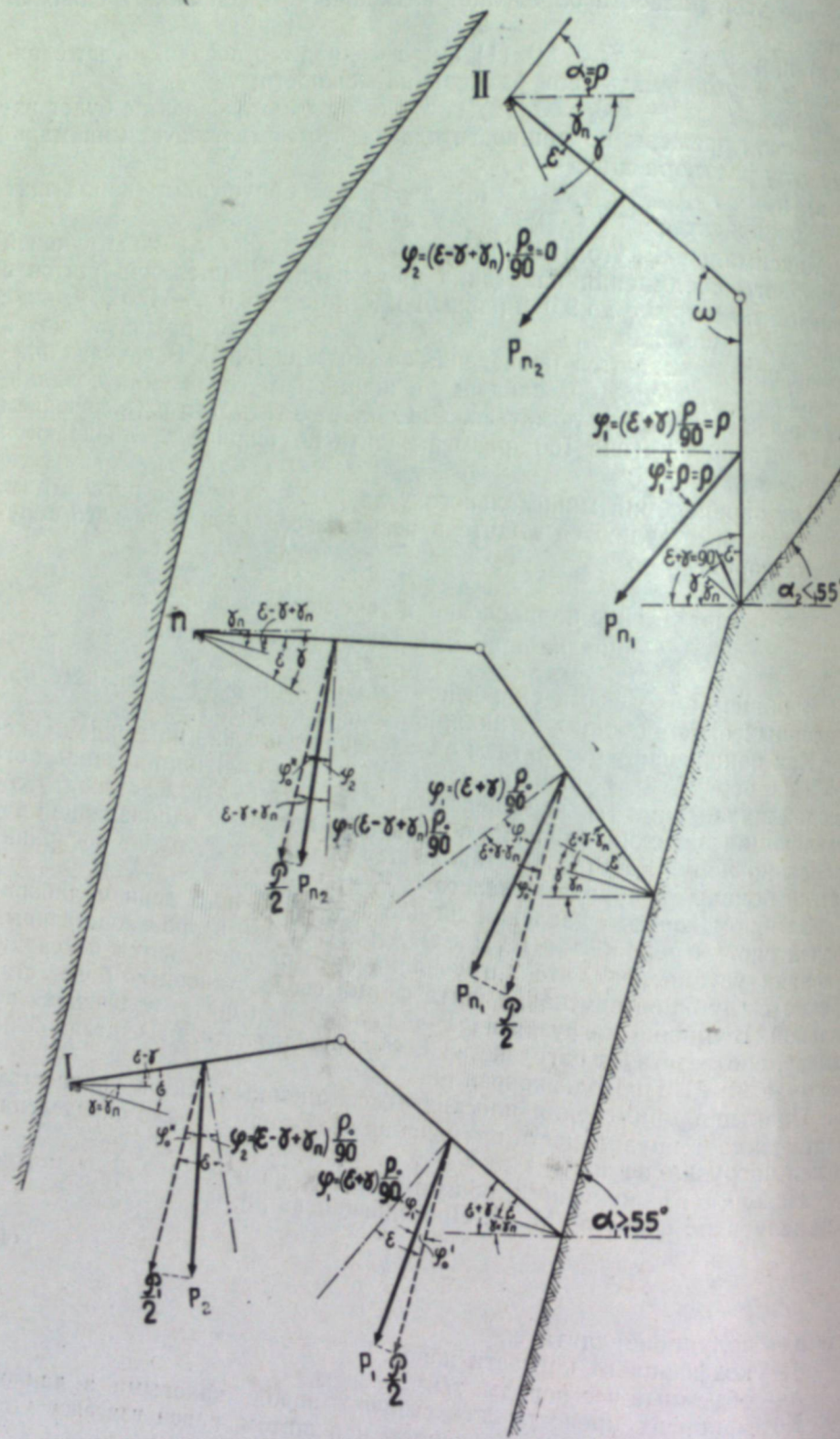


Рис. 2.

$$P_1 = \frac{4}{3} \delta \frac{a^2}{\operatorname{tg} \rho} \quad (5)$$

Общая нагрузка на щит (рис. 2, II) для условий падения пласта менее  $55^\circ$  может быть определена по формуле И. П. Прокофьева [10], которая применяется для расчета подпорных стенок:

$$P_1 = \frac{1}{2} \delta h^2 \cos \rho, \quad (6)$$

где  $\delta$  — объемный вес породы,  $\text{т/м}^3$ ,

$h$  — высота подпорной стенки (щита), м,

$\rho$  — угол внутреннего трения сыпучих пород, град.

В положении щита I (рис. 2), когда он расположен нормально к вмещающим породам пласта, действующую нагрузку на щит  $P_1$  можно заменить двумя равными по величине и направлению нагрузками  $\frac{P_1}{2}$ ,

действующими по сторонам щита, поскольку щитовое перекрытие представляет собой в поперечном сечении равнобедренный треугольник.

Точки приложения равнодействующих сил по сторонам щита можно найти по эпюре давления. В начальный период работы щита (в период пуска), когда на щите еще отсутствует давление обрушенных пород и щит находится под действием собственного веса, нагрузка на щит будет равномерно распределена и точки приложения равнодействующих сил будут находиться посередине сторон. При дальнейшем опускании щита помимо собственного веса на его перекрытие начнет действовать нагрузка давления обрушенных пород. Эпюра давления на перекрытие будет иметь форму параболического свода, что подтверждается замерами горного давления. В этом случае точки приложения равнодействующих сил по сторонам щита будут находиться на расстоянии  $\frac{3}{8}$  длин сторон щита от его вершины.

В положении II (рис. 2), когда щит по лежащей стороне наклонен под углом  $90^\circ$  к горизонту, а по висящей имеет отрицательный угол наклона, точки приложения и направления сил, действующих по сторонам щита, можно определить по эпюре давления, построенной по формуле (6).

Так, для щита, показанного на рис. 2, II, эпюра давления будет иметь вид треугольника. Следовательно, центр давления по висящей стороне будет находиться на расстоянии  $\frac{1}{3}$  длины стороны щита от его вершины, а по лежащей — на  $\frac{1}{3}$  высоты щита, или примерно на середине стороны щита. Однако исследованиями [6, 10] установлено, что смещение центра давления возможно до 0,4 и даже 0,5.

На основании изложенного, а также исходя из наихудших условий раздвижки щита, для данного положения принимаем центр приложения равнодействующих сил по середине сторон щита.

Замером горного давления на щите КВКП, произведенным Сибирским филиалом ВНИМИ [11], подтверждается, что среднее давление по сторонам щита распределялось более или менее равномерно. Перекрытие щита КВКП аналогично перекрытию рассматриваемого щита. Кроме того, в процессе эксплуатации в рабочих положениях щит обычно имеет угол отклонения от нормали пласта не больше  $10-15^\circ$ . Поэтому и для положения щита II (рис. 2), точки приложения и величина общей нагрузки на щит принимаются по аналогии с рассмотренным случаем в положении щита I.

В положении II лежащая сторона щита наклонена к горизонту под углом  $\varepsilon + \gamma = 90^\circ$ , висящая сторона щита имеет отрицательный угол наклона к горизонту  $\varepsilon - \gamma$ . В этом случае по данным [10, 12] равнодей-



ствующие силы по сторонам щита будут направлены под следующими углами:

а) по лежащей стороне щита под углом  $\varphi_1$ , равным углу внутреннего трения обрушенных пород  $\rho$ ;

б) по висящей стороне щита под углом  $\varphi_2 = 0$ , т. е. равнодействующая сила  $P_{n_2}$  совпадает с нормалью стороны щита.

В положениях щита  $I$  и  $II$  (рис. 2), наклоненных к горизонту под углами  $\gamma_n$  и  $\gamma$ , точки приложения равнодействующих сил могут перемещаться на отрезках сторон щита от его вершины на  $3/8 - 1/2$  длин сторон щита. Наиболее неблагоприятным для раздвижения щита будет такое положение, когда силы будут приложены по середине сторон. Такое положение щит имеет в период пуска, когда давление обрушенных пород незначительно или совсем отсутствует.

Исходя из этого, для определения величин раздвигающих усилий принимаем точки приложения равнодействующих сил по середине сторон щита.

Углы отклонения равнодействующих сил —  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  являются величинами переменными. Значения их нам известны только в положении  $II$  (рис. 2), т. е. при угле наклона лежащей стороны щита  $\varepsilon + \gamma = 90^\circ$  угол  $\varphi_1 = \rho$  и при угле наклона висящей стороны щита  $\varepsilon - \gamma$  угол  $\varphi_2 = 0$ . Не имея других данных об углах  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  на пластах с падением  $\alpha > 55^\circ$ , можно определить изменения этих углов по закону прямой [12]. При изменении наклона щита на  $1^\circ$  направления равнодействующих сил по сторонам щита изменятся:

а) по лежащему боку на  $(\varepsilon + 1) \frac{\rho}{90}$ ;

б) по висящему боку на  $(\varepsilon - 1 + \gamma_n) \frac{\rho}{90}$ ,

где  $\varepsilon$  — угол, составленный сторонами щита со стяжками,  
 $\gamma_n$  — угол наклона стяжек к горизонту при нормальном положении щита в пласте.

При наклоне щита к горизонту на угол  $\gamma$  равнодействующие силы  $P_{n_1}$  и  $P_{n_2}$  изменят свои направления на углы:

$$\varphi_1 = (\varepsilon + \gamma) \frac{\rho}{90} \quad (7)$$

и

$$\varphi_2 = (\varepsilon - \gamma + \gamma_n) \frac{\rho}{90} \quad (8)$$

Величины сил  $P_{n_1}$  и  $P_{n_2}$  определяются как проекции сил  $\frac{P_1}{2}$  на направления  $P_{n_1}$  и  $P_{n_2}$ , т. е.  $P_{n_1} = \frac{P_1}{2} \cos \varphi'_0$ ,

где

$$\varphi'_0 = (\varepsilon + \gamma - \gamma_n) - \varphi_1; \quad \varepsilon = 90 - \frac{\omega}{2}; \quad \gamma_n = 90 - \alpha.$$

Подставляя значения  $\varphi'_0$ ,  $\varepsilon$ ,  $\gamma_n$  и  $\varphi_1$ , получим

$$P_{n_1} = \frac{P_1}{2} \cos \left[ \left( \alpha - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) - \left( 90 - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right], \quad (9)$$

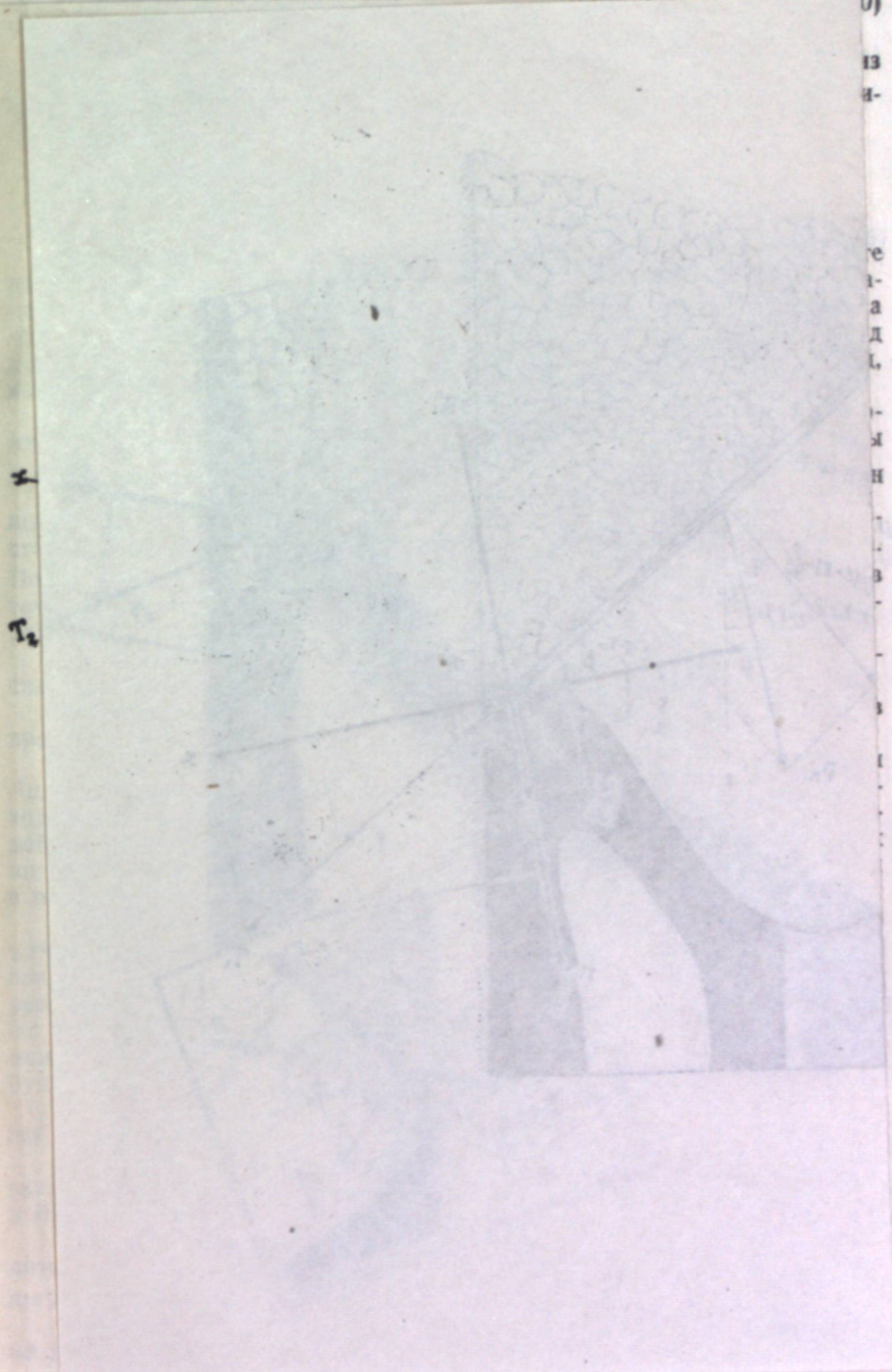
$$P_{n_2} = \frac{P_1}{2} \cos \varphi'_0,$$

где

$$\varphi'_0 = (\varepsilon - \gamma + \gamma_n) - \varphi_2.$$

Подставляя значения углов  $\varphi'_0$ ,  $\varepsilon$ ,  $\gamma_n$  и  $\varphi_2$ , получим

$$P_{n_1} = \frac{P_1}{2} \cos \left[ \left( \alpha - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) - \left( 90 - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right] \quad (10)$$



$$Г_{раздв} = BC + AC_1 = (F_1 + F_1 + T_1 + F_2 + F_2 + T_2) \cos \varepsilon,$$



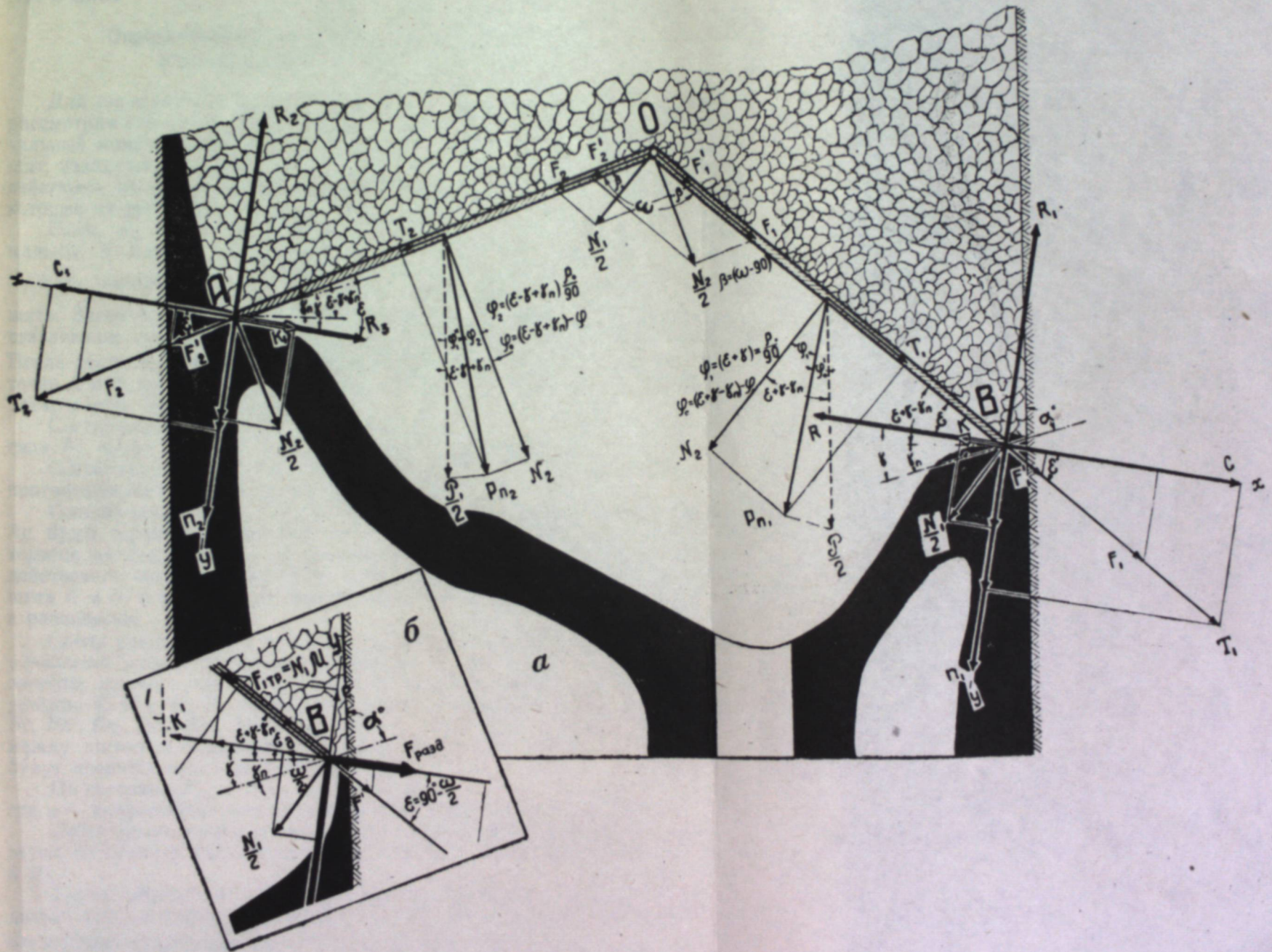
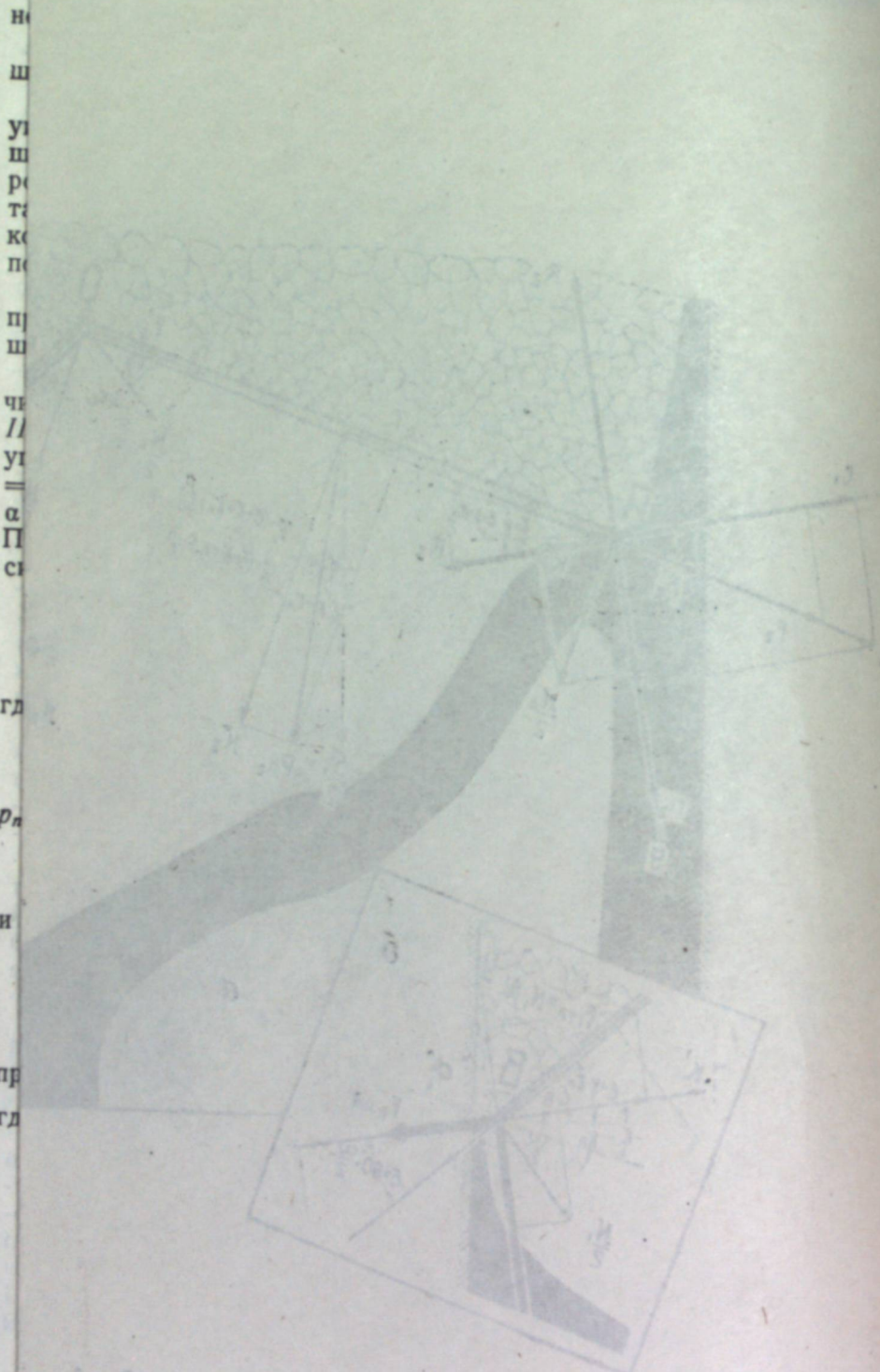


Рис. 3.



ствующие силы по сторонам щита будут направлены под следующими углами:

а) по формуле



Подставляя значения углов  $\varphi_0^*$ ,  $\varepsilon$ ,  $\gamma_n$  и  $\varphi_2$ , получим

$$P_{n2} = \frac{P_1}{2} \cos \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha - \gamma \right) \left( 1 - \frac{\rho}{90} \right). \quad (10)$$

Зная величины и направления равнодействующих сил  $P_{n1}$  и  $P_{n2}$  из уравнений статики, можно определить раздвигающие и сдвигающие усилия в щите.

#### Определение минимального угла раствора щита $\omega_{\min}$ в зависимости от его положения в пласте

Для определения  $\omega_{\min}$  в зависимости от его положения в пласте рассмотрим схемы сил, действующих на щит в период его покоя и в начальный момент движения. В общем виде схема сил, действующих на щит, находящийся в покое, приведена на рис. 3, а. Щит находится под действием нагрузок от собственного веса и веса обрушенных пород, которые на рис. 3 представлены силами  $P_{n1}$  и  $P_{n2}$ .

Силы  $P_{n1}$  и  $P_{n2}$  по правилу параллелограмма разлагаем на нормальные  $N_1$  и  $N_2$  и тангенциальные силы  $T_1$  и  $T_2$ . Нормальные силы  $N_1$  и  $N_2$  заменяем силами  $\frac{N_1}{2}$  и  $\frac{N_2}{2}$ , приложенными по концам сторон щита. Затем эти силы разлагаем по правилу параллелограмма на составляющие силы  $F'_1$ ,  $F_1$  и  $F'_2$ ,  $F_2$ , направленные вдоль сторон щита. После этого все силы, действующие вдоль сторон щита, переносим в точки А и В, где их снова разлагаем на составляющие силы по координатным осям  $Bx$ ,  $Ax$  и  $Bu$ ,  $Au$ .

Составляющие силы, действующие по осям:  $Ax$  — сила  $Ac_1$ ,  $Bx$  — сила  $Bc$ , будут вызывать в щите раздвигающие усилия.

Составляющие силы  $Bk$  и  $Ak_1$ , действующие по этим же осям, но в противоположном направлении, будут сдвигать щит.

Составляющие силы  $Bn_1$  и  $An_2$ , действующие вниз по осям  $Bu$  и  $Au$ , будут перемещать щит вниз по падению пласта. Поскольку щит находится на целиках угля, то действиям указанных сил будут противодействовать силы реакций  $R$ ,  $R_1$  и  $R_2$ ,  $R_3$ , которые появятся в опорах щита А и В, и вся система действующих сил на щит будет находиться в равновесии.

Схема расположения сил в предельный момент равновесия щита (в начальный момент движения) приведена на рис. 3, б. В этот период опорные целики угля по лежачему и висячему боку взорваны; силы реакции  $R$ ,  $R_1$  и  $R_2$ ,  $R_3$  равны нулю, и щит находится под действием сил  $Bc$ ,  $Bk'$ ,  $Bn_1$ ,  $Ac_1$ ,  $Ak_1$ ,  $An_2$  и сил трения  $F_{\text{тр}1}$  и  $F_{\text{тр}2}$ , которые появятся между щитом и обрушенной породой над щитом. Силы  $F_{\text{тр}1}$  и  $F_{\text{тр}2}$  будут препятствовать раздвижению щита.

По величине  $F_{\text{тр}1} = N_1 \mu$  и  $F_{\text{тр}2} = N_2 \mu$ , где  $\mu$  — коэффициент трения обрушенных пород о поверхность щита.

Силы трения также переносим по сторонам щита в точки А и В, а затем по правилу параллелограмма разлагаем их по осям  $Ax$ ,  $Bx$ ,  $Au$  и  $Bu$ .

Таким образом, в начальный момент движения щит будет находиться под действием сил  $Bc$ ,  $Bk'$ ,  $Bn_1$ ,  $Be$  и  $Ac_1$ ,  $Ak_1$ ,  $An_2$ ,  $Ae_1$ , величины которых можно определить из уравнений статики.

Из схемы, приведенной на рис. 3, б, определим силы, действующие на раздвижение и сдвигание щита ( $Bc$ ,  $Ac_1$  и  $Bk'$ ,  $Ak_1$ ).

$$F_{\text{раздв}} = Bc + Ac_1 = (F'_1 + F_1 + T_1 + F'_2 + F_2 + T_2) \cos \varepsilon,$$



где

$$F'_1 = \frac{N_1}{2} \operatorname{tg} \beta; \quad F_1 = \frac{N_2}{2 \cos \beta}; \quad T_1 = N_1 \operatorname{tg} \varphi_1;$$

$$F'_2 = \frac{N_2}{2} \operatorname{tg} \beta; \quad F_2 = \frac{N_1}{2 \cos \beta}; \quad T_2 = N_2 \operatorname{tg} \varphi_2;$$

$$\varepsilon = 90 - \frac{\omega}{2}; \quad \beta = \omega - 90; \quad \varphi_1 = (\varepsilon + \gamma) \frac{\rho}{90};$$

$$\varphi_2 = (\varepsilon - \gamma + \gamma_n) \frac{\rho}{90}; \quad \gamma_n = 90 - \alpha.$$

Подставляя значения найденных сил, получим:

$$F_{\text{раздв}} = \left\{ \frac{N_1}{2} \left[ \operatorname{tg}(\omega - 90) + \frac{1}{\cos(\omega - 90)} + 2 \operatorname{tg} \left( 90 - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right] + \frac{N_2}{2} \left[ \operatorname{tg}(\omega - 90) + \frac{1}{\cos(\omega - 90)} + 2 \operatorname{tg} \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha - \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right] \right\} \sin \frac{\omega}{2}.$$

Величины сил  $N_1$  и  $N_2$  можно определить как проекции сил  $p_{n_1}$  и  $p_{n_2}$  на направления нормалей соответствующих сторон щита, т. е.

$$N_1 = p_{n_1} \cdot \cos \varphi_1.$$

Подставляя значения  $\varphi_1$  и  $p_{n_1}$  из формул (7) и (9), получим

$$N_1 = \frac{P_1}{2} \cos \left[ \left( \alpha - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) - \left( 90 - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right] \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) \frac{\rho}{90}, \quad (11)$$

$$N_2 = p_{n_2} \cos \varphi_2.$$

Подставляя значения  $\varphi_2$  и  $p_{n_2}$  из формул (8) и (10), получим

$$N_2 = \frac{P_1}{2} \cos \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha - \gamma \right) \left( 1 - \frac{\rho}{90} \right) \cos \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha - \gamma \right) \frac{\rho}{90}. \quad (12)$$

Подставляя значения  $N_1$  и  $N_2$  из формул (11), (12), получим

$$F_{\text{раздв}} = \frac{P_1}{4} \sin \frac{\omega}{2} \left\{ \cos \left[ \left( \alpha - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) - \left( 90 - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right] \times \right. \\ \left. \times \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) \frac{\rho}{90} \left[ \operatorname{tg}(\omega - 90) + \frac{1}{\cos(\omega - 90)} + 2 \operatorname{tg} \left( \alpha - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right] + \right. \\ \left. + \left[ \cos \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha - \gamma \right) \left( 1 - \frac{\rho}{90} \right) \cos \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha - \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right] \left[ \operatorname{tg}(\omega - 90) + \frac{1}{\cos(\omega - 90)} + 2 \operatorname{tg} \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha - \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right] \right\}. \quad (13)$$

Частные случаи: а) щит находится в нормальном положении, т. е.  $\gamma = \gamma_n = 90 - \alpha$ , тогда формула (13) примет вид:

$$F_{\text{раздв}} = \frac{P_1}{4} \sin \frac{\omega}{2} \left\{ \cos \left[ \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) - \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha \right) \frac{\rho}{90} \right] \times \right.$$

$$\times \cos \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha \right) \frac{\rho}{90} + \left[ \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) \left( 1 - \frac{\rho}{90} \right) \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) \frac{\rho}{90} \right] \left[ \operatorname{tg}(\omega - 90) + \frac{1}{\cos(\omega - 90)} + 2 \operatorname{tg} \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) \frac{\rho}{90} \right]; \quad (14)$$

б) при угле падения пласта  $\alpha = 90^\circ$  формула (14) примет вид:

$$F_{\text{раздв}} = \frac{P_1}{2} \sin \frac{\omega}{2} \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) \left( 1 - \frac{\rho}{90} \right) \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) \frac{\rho}{90} \left[ \operatorname{tg}(\omega - 90) + \frac{1}{\cos(\omega - 90)} + 2 \operatorname{tg} \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) \frac{\rho}{90} \right]. \quad (15)$$

$$F_{\text{сдв}} = Bk' + Ak'_1 = \left( \frac{N_1}{2} + \frac{N_2}{2} \right) \left( \cos \frac{\omega}{2} + 2\mu \sin \frac{\omega}{2} \right).$$

Подставляя значения  $N_1$  и  $N_2$  из формул (11) и (12), получим:

$$F_{\text{сдв}} = \frac{P_1}{4} \left( \cos \frac{\omega}{2} + 2\mu \sin \frac{\omega}{2} \right) \left\{ \cos \left[ \left( \alpha - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) - \left( 90 - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right] \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} + \gamma \right) \frac{\rho}{90} + \right. \\ \left. + \left[ \cos \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha - \gamma \right) \left( 1 - \frac{\rho}{90} \right) \cos \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha - \gamma \right) \frac{\rho}{90} \right] \right\}. \quad (16)$$

Частные случаи:

а) при  $\gamma = \gamma_n$  формула (16) примет вид:

$$F_{\text{сдв}} = \frac{P_1}{4} \left( \cos \frac{\omega}{2} + 2\mu \sin \frac{\omega}{2} \right) \left\{ \cos \left[ \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) - \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha \right) \frac{\rho}{90} \right] \cos \left( 180 - \frac{\omega}{2} - \alpha \right) \frac{\rho}{90} + \right. \\ \left. + \left[ \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) \left( 1 - \frac{\rho}{90} \right) \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) \frac{\rho}{90} \right] \right\}; \quad (17)$$

б) при угле падения пласта  $\alpha = 90^\circ$  формула (17) примет вид:

$$F_{\text{сдв}} = \frac{P_1}{2} \left( \cos \frac{\omega}{2} + 2\mu \sin \frac{\omega}{2} \right) \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) \left( 1 - \frac{\rho}{90} \right) \times \\ \times \cos \left( 90 - \frac{\omega}{2} \right) \frac{\rho}{90}; \quad (18)$$

в) при отсутствии трения обрушенных пород о поверхность щита формулы (15) и (18) преобразуются следующим образом:

$$F_{\text{раздв}} = \frac{P_1}{2} \sin^2 \frac{\omega}{2} \left[ \operatorname{tg}(\omega - 90) + \frac{1}{\cos(\omega - 90)} \right], \quad (19)$$

$$F_{\text{сдв}} = \frac{P_1}{2} \sin \frac{\omega}{2} \cos \frac{\omega}{2}. \quad (20)$$

В этом случае при  $\omega = 90^\circ$

$$F_{\text{раздв}} = F_{\text{сдв}} = \frac{P_1}{2} \sin^2 45 = \frac{P_1}{2} \sin 45^\circ \cos 45^\circ = 0,25 P_1.$$

При расположении центров давления на расстоянии  $\frac{3}{8}$  длин сторон щита от его вершины формулы (14) и (17) примут вид:



$$F_{\text{раздв}} = \frac{P_1}{2} \sin \frac{\omega}{2} \left[ \frac{5}{8} \operatorname{tg} (\omega - 90) + \frac{5}{8 \cos (\omega - 90)} + \operatorname{tg} (90 - \frac{\omega}{2}) \frac{\rho}{90} \right] \left\{ \cos \left[ (90 - \frac{\omega}{2}) - (180 - \frac{\omega}{2} - \alpha) \frac{\rho}{90} \right] \cos (180 - \frac{\omega}{2} - \alpha) \frac{\rho}{90} + \left[ \cos (90 - \frac{\omega}{2}) (1 - \frac{\rho}{90}) \cos (90 - \frac{\omega}{2} - \alpha) \frac{\rho}{90} \right] \right\}; \quad (21)$$

$$F_{\text{сдв}} = \frac{P_1}{2} \left( \frac{3}{8} \cos \frac{\omega}{2} + \mu \sin \frac{\omega}{2} \right) \left\{ \cos \left[ (90 - \frac{\omega}{2}) (180 - \frac{\omega}{2} - \alpha) \frac{\rho}{90} \right] \cos (180 - \frac{\omega}{2} - \alpha) \frac{\rho}{90} + \left[ \cos (90 - \frac{\omega}{2}) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times (1 - \frac{\rho}{90}) \cos (90 - \frac{\omega}{2}) \frac{\rho}{90} \right] \right\}. \quad (22)$$

Формулы (13) и (16) позволяют определять раздвигающие и сдвигающие усилия в щите в зависимости от угла его раствора, коэффициента трения обрушенной породы о щит, положения щита в пласте и угла падения пласта.

Для определения минимальных углов раствора щита в зависимости от перечисленных факторов достаточно определить  $F_{\text{раздв}}$  и  $F_{\text{сдв}}$  при различных углах раствора щита по формулам (13) и (16) для какого-либо положения щита в пласте, угла падения пласта и коэффициента трения породы о щит и по полученным данным построить диаграммы.

Точка пересечения  $F_{\text{раздв}}$  и  $F_{\text{сдв}}$  даст минимальный угол раствора щита —  $\omega_{\text{min}}$ .

Зависимость  $F_{\text{раздв}} = \Phi_1(\omega)$  и  $F_{\text{сдв}} = \Phi_2(\omega)$ , при  $\mu = 1,0; 0,7$  и угле

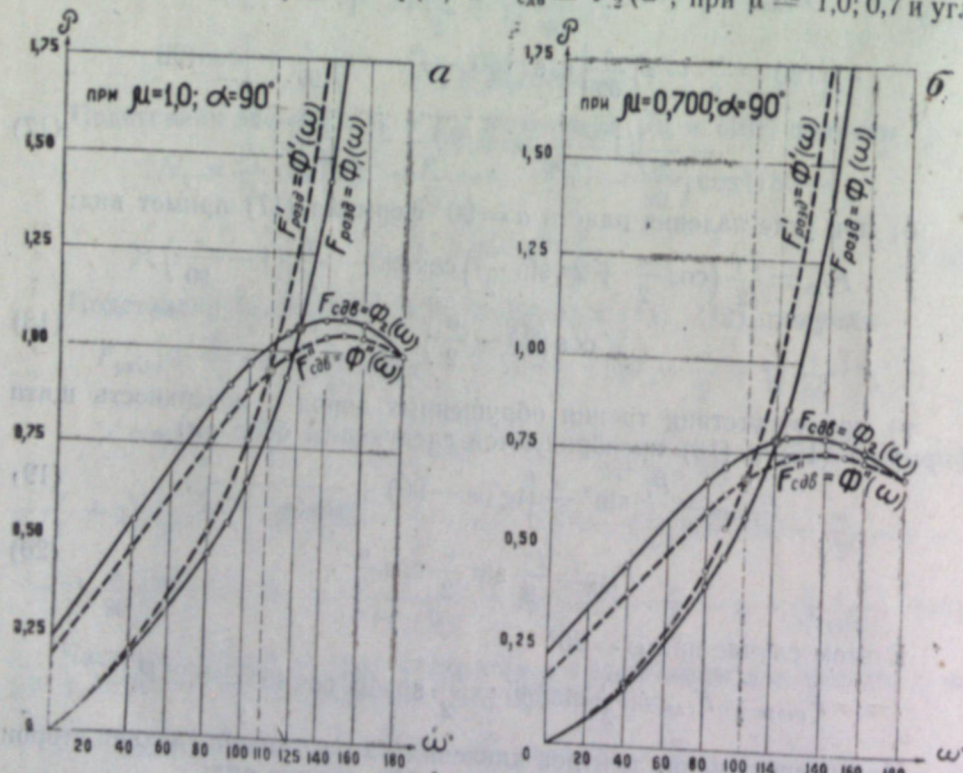


Рис. 4.

падения пласта  $\alpha = 90^\circ$  приведена на рис. 4, а, б. Сплошными линиями изображены  $F_{\text{раздв}}$  и  $F_{\text{сдв}}$  при расположении центров тяжестей по середине сторон щита и штриховыми линиями —  $F_{\text{раздв}}$  и  $F_{\text{сдв}}$  при расположении центров тяжестей на расстоянии  $3/8$  длин сторон щита от его вершины.

Точки пересечения кривых  $F_{\text{раздв}}$  и  $F_{\text{сдв}}$  дают минимальные углы раствора щита.

Из приведенных на рис. 4 диаграмм видно, что с уменьшением коэффициента трения обрушенной породы о щит минимальный угол раствора  $\omega_{\text{min}}$  уменьшается, а следовательно, диапазон изменения размеров щита по мощности пласта увеличивается; монтаж щитов необходимо производить с углами раствора  $\omega > \omega_{\text{min}}$ , в начальный период работы щита  $\omega_{\text{min}}$  следует принимать в зависимости от рода покрытия поверхности щита. Так, при покрытии поверхности щита листовым железом  $\omega_{\text{min}}$  должен быть принят равным  $110^\circ$ , а при покрытии поверхности щита сеткой —  $120^\circ$ ; в процессе работы щита, когда появится давление обрушенных пород «подушки» на щит, минимальный угол раствора  $\omega_{\text{min}}$  можно допустить при покрытии поверхности щита листовым железом до  $95^\circ$  и при покрытии поверхности щита сеткой до  $100^\circ$ .

Зависимость раздвигающих и сдвигающих усилий от коэффициентов трения обрушенных пород о щит и углов падения пласта приведена на диаграмме рис. 5, а, б. Из этих диаграмм видно, что раздвигающие усилия с увеличением коэффициентов трения обрушенных пород о поверхность щита и угла падения возрастают в незначительных размерах по плавным кривым.

Сдвигающие усилия при увеличении коэффициента трения обрушенных пород о поверхность щита резко возрастают (по закону прямой линии).

#### Определение диапазона изменения размеров щита по мощности пласта

Из изложенного в §§ 2, 3 представляется возможным определить пределы изменения размеров щита по мощности пласта. Нижний предельный размер щита определяется минимальным углом его раствора  $\omega_{\text{min}}$  по диаграммам, приведенным на рис. 4, а, б и 5, а, б; верхний предельный размер щита определяется  $\omega_{\text{max}}$ , исходя из конструкции шарнирного соединения щита и его размера по ширине.

Исходя из полученных выше данных по определению  $\omega_{\text{min}}$  и  $\omega_{\text{max}}$ , диапазон изменения размеров щита по мощности пласта определяем графическим путем.

На рис. 6 приведено графическое определение диапазона изменения размеров щита по мощности пласта. Согласно графическому определению диапазоны изменения размеров щитов по мощности пласта характеризуются следующими данными:

I. Для щитов с размерами по мощности до 9,0 м:  
а) при покрытии поверхности щитов листовым железом диапазон изменения размеров по мощности пласта  $D = 35\%$ ;

б) при покрытии поверхности щита металлической сеткой диапазон изменения размера щита  $D = 29\%$ .

II. Для щитов с размером по ширине более 9,0 м:

а) при покрытии поверхности щита листовым железом  $D = 26,5\%$ ;

б) при покрытии поверхности щита сеткой  $D = 18\%$ .



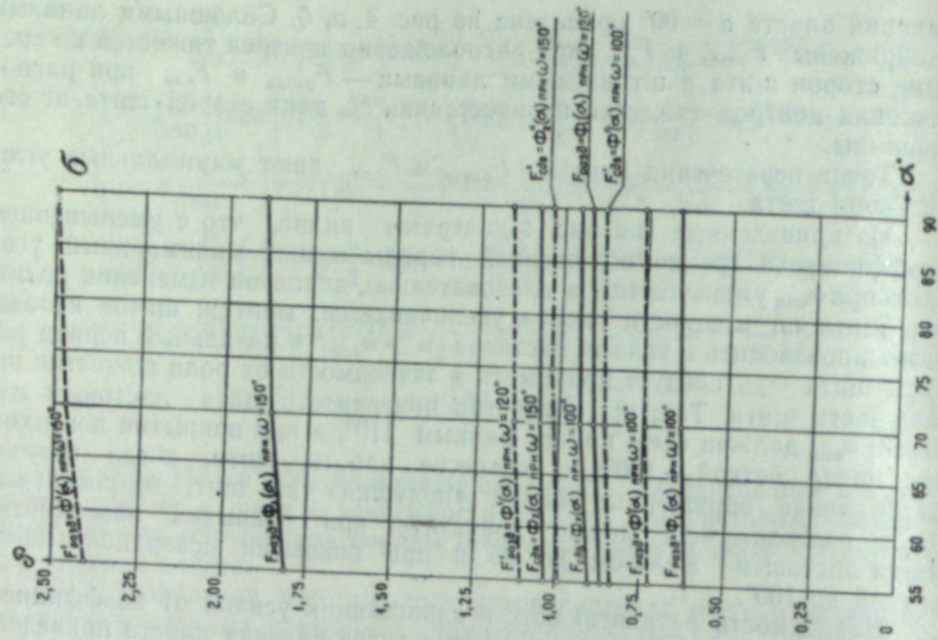


Рис. 5.

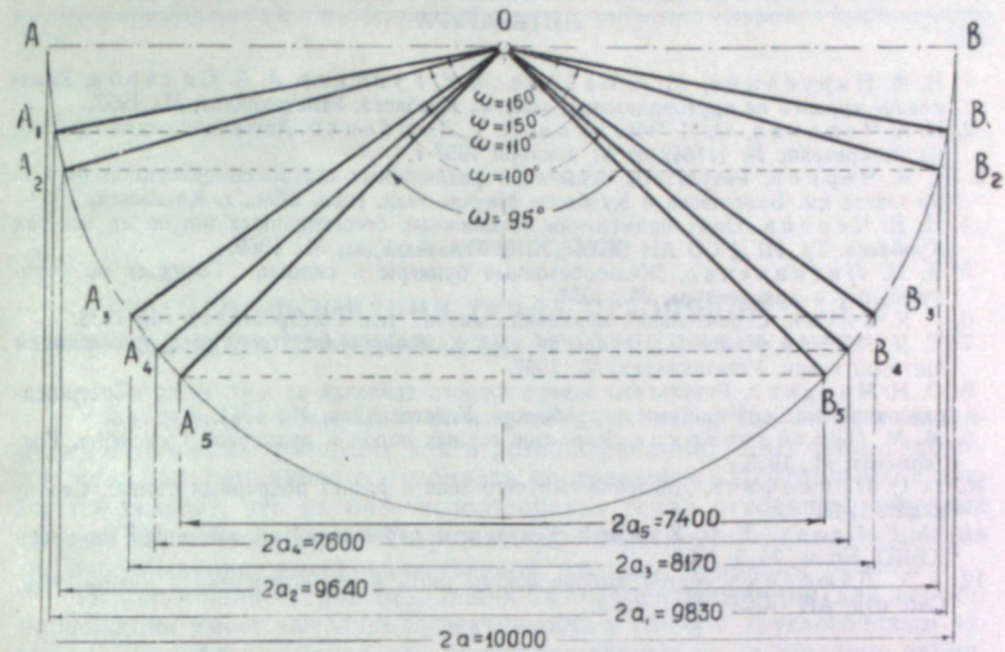
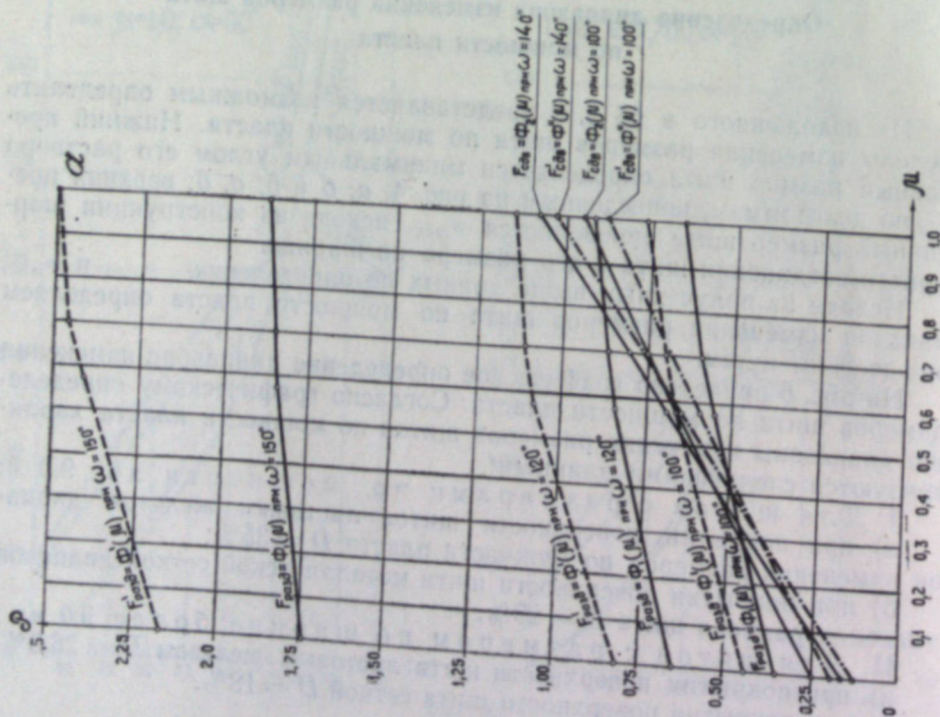


Рис. 6.

## Выводы

1. Исследования сил, действующих на раздвижной щит на пластах крутого падения, показывают, что направление и величина их зависят от углов наклона щита в пласте и угла падения пласта.

2. Диапазон изменения размеров щита по мощности пласта зависит в основном от угла его раствора  $\omega$ , коэффициента трения обрушенных пород  $\mu$  о поверхность щита  $\mu$  и в меньшей степени от угла падения пласта  $\alpha$  и угла наклона щита в пласте  $\gamma$ .

3. Диапазон изменения размеров щита по мощности пласта с уменьшением коэффициента трения обрушенных пород о щит увеличивается. В связи с этим при отработке пластов с изменяющейся мощностью (в пределах более 25%) рекомендуется вместо металлической сетки покрывать поверхность щита листовым железом.

4. Размеры щита по мощности пласта могут изменяться в следующих пределах:

а) для щитов с размером вкrest простирания от 1,7 до 3,5 м — от 0,3 до 1,0 м,

б) для щитов с размерами вкrest простирания от 3,5 до 7,0 м — от 1,0 до 2,0 м,

в) для щитов с размерами вкrest простирания от 7 до 11,5 м — от 2,0 до 3,0 м.

Таким образом, мощные и средней мощности пласты с изменяющейся мощностью в пределах до 35% теоретически возможно обрабатывать с помощью раздвижных щитов без потерь угля по мощности. Практически потери по мощности пласта вместо 10—15% при щитах плоской конструкции можно довести до минимума, т. е. до 1—2%.



## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ф. Парусимов, М. А. Байков, А. Е. Гуликов, А. Б. Сахаров, Управление кровлей на крутопадающих пластах Кузбасса, Углетехиздат, М., 1957.
2. Н. А. Чинакал, О. Н. Чинакал, В. Т. Дзюбенко. Авторское свидетельство, на изобретение № 111642 от 31 декабря 1957 г.
3. И. Е. Чернов, Результаты испытаний раздвижных щитов со сдвоенной балкой на шахте им. Вахрушева в Кузбассе. Научно-техн. гори. общ., г. Киселевск, 1959.
4. И. Е. Чернов, Опыт применения раздвижных бессекционных щитов на шахтах Кузбасса. Тр. ИГД СО АН СССР, № 2, Углетехиздат, М., 1959.
5. В. И. Литвиненко, Железобетонные бункеры и силосы. Госиздат по строительству и архитектуре, М., 1953.
6. Г. К. Клейн, Строительная механика сыпучих тел. Госстройиздат, М., 1956.
7. Е. Я. Махно, Вопросы разработки крутопадающих пластов угля с применением щитовой крепи. Углетехиздат, М., 1957.
8. О. Н. Чинакал, Результаты замера горного давления на щит. В кн. «Совершенствование щитовой системы разработки». Углетехиздат, М., 1954.
9. М. М. Протодьяконов, Давление горных пород и рудничное крепление. Госгориздат, М., 1933.
10. И. П. Прокофьев, Давление сыпучего тела и расчет подпорных стенок. Стройиздат, 1947.
11. Ю. Д. Белов, Е. В. Куняев, Результаты наблюдений за давлением на крепь КВКП. Уголь, № 5, 1958.
12. В. Т. Дзюбенко, Метод выбора формы щита и его положения в пласте. Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 1, 1959.

В. А. КОМИССАРОВ

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ АГРОТЕПЛОФИКАЦИИ

Уходящие дымовые газы электростанций являются легко утилизируемым тепловым ресурсом для агротеплофикации. Опыт теплоснабжения теплично-парникового комбината, построенного в Центральной Сибири, показывает, что на базе использования тепла отходящих дымовых газов ТЭЦ целесообразно соорудить крупные рентабельные хозяйства по возделыванию высококачественной рассады и ранних овощей.

Использование тепла отходящих газов электростанций для агротеплофикации имеет высокую эффективность в связи с круглогодичным режимом потребления тепла для производственных нужд теплично-парникового хозяйства.

При исследовании степени выгодности использования тепла отходящих дымовых газов электростанций для целей агротеплофикации воспользуемся методом теплового баланса, предложенным проф. И. Н. Бутаковым\*.

Уравнение теплового баланса ТЭЦ, работающей без использования тепла отходящих газов, может быть выражено следующим образом:

$$\frac{860 \mathcal{E} + Q_{отб} + Q_{кот}}{\eta_1} = \frac{860 \mathcal{E}_T + Q_{отб}}{\eta_T} + \frac{860(\mathcal{E} - \mathcal{E}_T)}{\eta_K} + \frac{Q_{кот}}{\eta_{пот} \eta_{ку}^{не}}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$  — выработка электроэнергии на ТЭЦ в кВт-ч за рассматриваемый период,

$Q_{отб}$  — отпуск тепла тепловым потребителям из отборов турбин, ккал,

$Q_{кот}$  — отпуск тепла тепловым потребителям непосредственно из котлов, ккал,

$\mathcal{E}_T$  — выработка электроэнергии на тепловом потреблении, кВт-ч,

$\eta_1$  — общий экономический к.п.д. ТЭЦ,

$\eta_T$  — к.п.д. противоаварийной части турбинной установки,

$\eta_K$  — к.п.д. конденсационной части установки,

$\eta_{пот}$  — к.п.д. потока тепла внутри ТЭЦ,

$\eta_{ку}^{не}$  — к.п.д. — полный нетто котельной установки.

Левая часть уравнения (1) характеризует продукцию, выдаваемую с ТЭЦ во внешнюю сеть; в правой части представлен расход тепла в топливе для выработки соответствующих видов продукции.

Для выяснения степени выгодности использования тепла отходящих газов необходимо сравнить работу ТЭЦ при одинаковых отпуске тепла

\* И. Н. Бутаков, Научные основы для установления коэффициента полезного действия ТЭЦ. Электрические станции, № 12, 1955.



и выработке электроэнергии для случая использования тепла отходящих газов и без использования этого тепла.

Важно отметить, что при неизменных значениях  $\mathcal{E}$ ,  $\mathcal{E}_T$ ,  $Q_{отб}$ ,  $Q_{кот}$  для случая использования тепла отходящих газов расход топлива на ТЭЦ не увеличивается. Однако за счет более глубокого охлаждения отходящих газов представляется возможным отпустить во внешнюю тепловую сеть дополнительное количество тепла.

Уравнение теплового баланса ТЭЦ для случая использования тепла отходящих газов можно выразить в следующем виде:

$$\frac{860 \mathcal{E} + Q_{отб} + Q_{кот} + Q_{экил}}{\eta_2} = \frac{860 \mathcal{E}_T + Q_{отб}}{\eta_T} + \frac{860 (\mathcal{E} - \mathcal{E}_T)}{\eta_k} + \frac{Q_{кот}}{\eta_{пот} \eta_{ку}} \quad (2)$$

При неизменном расходе топлива на ТЭЦ правая часть уравнения теплового баланса остается постоянной. В левой же части появляется новый член  $Q_{экил}$  ккал — количество тепла, утилизированное в экономайзере низкого давления из отходящих дымовых газов и переданное во внешнюю тепловую сеть. Общий экономический к.п.д. ТЭЦ  $\eta_2$  в связи с этим возрастает, то есть  $\eta_2 > \eta_1$ . Увеличение общего экономического к.п.д. показывает повышение экономичности работы ТЭЦ при использовании тепла отходящих газов.

Однако нагляднее охарактеризовать работу ТЭЦ через обратную величину общего экономического к.п.д., представляющую собой удельный расход тепла в топливе на выработанную килокалорию продукции ТЭЦ (электроэнергии и тепла).

Для случая отсутствия использования тепла отходящих газов из уравнения (1) получаем:

$$\frac{1}{\eta_1} = \frac{1}{1 + \left(1 + \frac{Q_{кот}}{Q_{отб}}\right) \frac{q \mathcal{E}_T}{860 \mathcal{E}}} \frac{1}{\eta_T} \left[ \frac{\eta_T}{\eta_k} - \frac{860 \varphi}{\left(1 + \frac{Q_{кот}}{Q_{отб}}\right) q} \right] + \frac{860 \varphi}{\eta_T \left(1 + \frac{Q_{кот}}{Q_{отб}}\right) q} \quad (3)$$

При этом:

$$\varphi = \left(1 + \frac{Q_{кот} \eta_T}{Q_{отб} \cdot \eta_{пот} \eta_{ку}}\right) \frac{q}{860} - \left(\frac{\eta_T}{\eta_k} - 1\right);$$

$$q = \frac{Q_{отб}}{\mathcal{E}_T}$$

Уравнение (3) выражает гиперболическую зависимость удельного расхода тепла в топливе на выработанную единицу тепла продукции ТЭЦ от энергетического коэффициента

$$Z_1 = \frac{Q_{отб} + Q_{кот}}{860 \mathcal{E}}$$

При этом вертикальная асимптота гиперболы, когда

$$\frac{1}{\eta_1} = \infty, \quad Z_1 = \frac{Q_{отб} + Q_{кот}}{860 \mathcal{E}} = -1; \text{ горизонтальная асимптота, когда}$$

$$Z_1 = \frac{Q_{отб} + Q_{кот}}{608 \mathcal{E}} = \infty,$$

$$\frac{1}{\eta_1} = \frac{1}{\eta_T} \frac{860 \varphi}{\left(1 + \frac{Q_{кот}}{Q_{отб}}\right) q}$$

Из уравнения (3) получаем точку пересечения гиперболы (1) с осью  $\frac{1}{\eta}$  для условий  $Q_{отб} = 0$ ,  $Q_{кот} = 0$ ,  $\mathcal{E}_T = 0$ , что соответствует конденсационному режиму работы ТЭЦ. При этом точка пересечения гиперболы (1) с осью определяется выражением:  $\frac{1}{\eta_1} = \frac{1}{\eta_k}$ .

Для случая использования тепла отходящих газов из уравнения (2) после аналогичных преобразований имеем:

$$\frac{1}{\eta_2} = \frac{1}{1 + \left(1 + \frac{Q_{кот}}{Q_{отб}} + \frac{Q_{экил}}{Q_{отб}}\right) \frac{q \mathcal{E}_T}{860 \mathcal{E}}} \frac{1}{\eta_T} \left[ \frac{\eta_T}{\eta_k} - \frac{860 \varphi}{\left(1 + \frac{Q_{кот}}{Q_{отб}} + \frac{Q_{экил}}{Q_{отб}}\right) q} \right] + \frac{860 \varphi}{\eta_T \left(1 + \frac{Q_{кот}}{Q_{отб}} + \frac{Q_{экил}}{Q_{отб}}\right) q} \quad (4)$$

Полученное уравнение также выражает гиперболическую зависимость удельного расхода тепла в топливе на выработанную единицу тепла от энергетического коэффициента:

$$Z_2 = \frac{Q_{отб} + Q_{кот} + Q_{экил}}{860 \mathcal{E}}$$

Аналогично предыдущему вертикальная асимптота при  $\frac{1}{\eta_2} = \infty$

$$Z_2 = \frac{Q_{отб} + Q_{кот} + Q_{экил}}{860 \mathcal{E}} = -1;$$

горизонтальная асимптота при

$$Z_2 = \frac{Q_{отб} + Q_{кот} + Q_{экил}}{860 \mathcal{E}} = \infty$$

$$\frac{1}{\eta_2} = \frac{1}{\eta_T} \frac{860 \varphi}{\left(1 + \frac{Q_{кот}}{Q_{отб}} + \frac{Q_{экил}}{Q_{отб}}\right) q}$$

Из уравнения (4) при  $Q_{отб} = 0$ ,  $Q_{кот} = 0$ ,  $\mathcal{E}_T = 0$  аналогично определяется точка пересечения гиперболы (2) с осью  $\frac{1}{\eta} = \frac{1}{\eta_k}$ , то есть обе гиперболы (1) и (2) пересекаются в одной точке на оси  $\frac{1}{\eta}$ .

Для сопоставления значений  $\frac{1}{\eta_1}$  (при работе ТЭЦ без использования тепла отходящих газов) и  $\frac{1}{\eta_2}$  (при использовании его) целесообразно совместить оси абсцисс  $Z_1$  и  $Z_2$ , чтобы расположить гиперболы (1) и (2) одна под другой.

Энергетический коэффициент для случая использования тепла отходящих газов выражается следующим образом:

$$Z_2 = \frac{Q_{отб} + Q_{кот} + Q_{экил}}{860 \mathcal{E}}$$



или

$$Z_2 = \frac{Q_{отб} + Q_{кот}}{860 \text{ Э}} + \frac{Q_{экил}}{860 \text{ Э}} = Z_1 + \frac{Q_{экил}}{860 \text{ Э}} = Z_1 + C,$$

так как величина  $\frac{Q_{экил}}{860 \text{ Э}}$  для рассматриваемого случая является постоянной. Следовательно, соответствующие точки сравниваемых между собой гипербол сдвинуты одна по отношению к другой на эту постоянную величину.

Разность значений  $\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} = \Delta \frac{1}{\eta}$  для двух соответствующих точек гипербол (1) и (2) будет представлять собой уменьшение расхода тепла в топливе на выработанную килокалорию продукции ТЭЦ при использовании тепла отходящих газов.

Представляет интерес проанализировать тепловые балансы в конкретных условиях работы современной ТЭЦ. Рассмотрим первую очередь одной из ТЭЦ, оборудованную двумя турбинами типа ВТ-25-4 и тремя котлами ТП-170, работающими на тощем кузнецком угле Араличевского месторождения. ТЭЦ, работая на общую электрическую сеть, покрывает тепловые нагрузки коммунально-бытового сектора одного из районов крупного промышленного центра. К тепловой сети, питающейся от ТЭЦ, подключен и теплично-парниковый комбинат инвентарной площадью защищенного грунта 19200 м<sup>2</sup>.

Годовой график тепловой нагрузки представлен на рис. 1. Согласно графику, отпуск тепла обеспечивается непосредственно от котлов  $Q_{кот} = 140150 \cdot 10^6 \text{ ккал/год}$ , из регулируемых отборов турбин 1,2 ата  $Q_{отб} = 684960 \cdot 10^6 \text{ ккал/год}$ . При этом ТЭЦ должна выработать по заданиям энергосистемы электроэнергию  $355 \cdot 10^6 \text{ кВт-ч}$  в год. Для построения зависимостей  $\frac{1}{\eta_1}$  от  $Z_1$  и  $\frac{1}{\eta_2}$  от  $Z_2$  необходимо определить

асимптоты и точки пересечения гипербол (1) и (2) на оси ординат  $\frac{1}{\eta}$ . В связи с этим требуется найти значение частных коэффициентов, входящих в правую часть уравнения (1):  $\eta_{т}$ ,  $\eta_{к}$ ,  $\eta_{пот}$ ,  $\eta_{ку}^{нп}$  и количество тепла, утилизируемое из отходящих газов  $Q_{экил}$ .

К.п.д. брутто котла ТП-170 по условиям завода-поставщика (БКЗ) при сжигании кузнецкого угля марки Т гарантирован равным 88,4%. Учитывая расход электроэнергии на собственные нужды котельной — 8% от выработки ТЭЦ и 3% пара от производительности котла, к.п.д. котельной установки, — нетто полный определяем  $\eta_{ку}^{нп} = 0,841$ .

К.п.д. теплового потока может быть принят  $\eta_{пот} = 0,97$ .

Коэффициенты  $\eta_{т}$  и  $\eta_{к}$  зависят от режимов работы турбин за рассматриваемый период.

Годовой график отпуска тепла задает два основных режима работы турбин в течение года (табл. 1).

Среднединамическое значение к.п.д. противоавтоматической части турбинной установки для приведенных режимов  $\eta_{т} = 0,8075$  и соответственно для конденсационной части  $\eta_{к} = 0,2385$ .

Горизонтальная асимптота для гиперболы (1) из соотношения

$$\frac{1}{\eta_1} = \frac{1}{\eta_{т}} \left( 1 + \frac{Q_{кот}}{Q_{отб}} \right) q$$

определяется равной 0,384. Для рассматриваемого случая  $q$  имеет значение 2462 ккал/квт-ч.

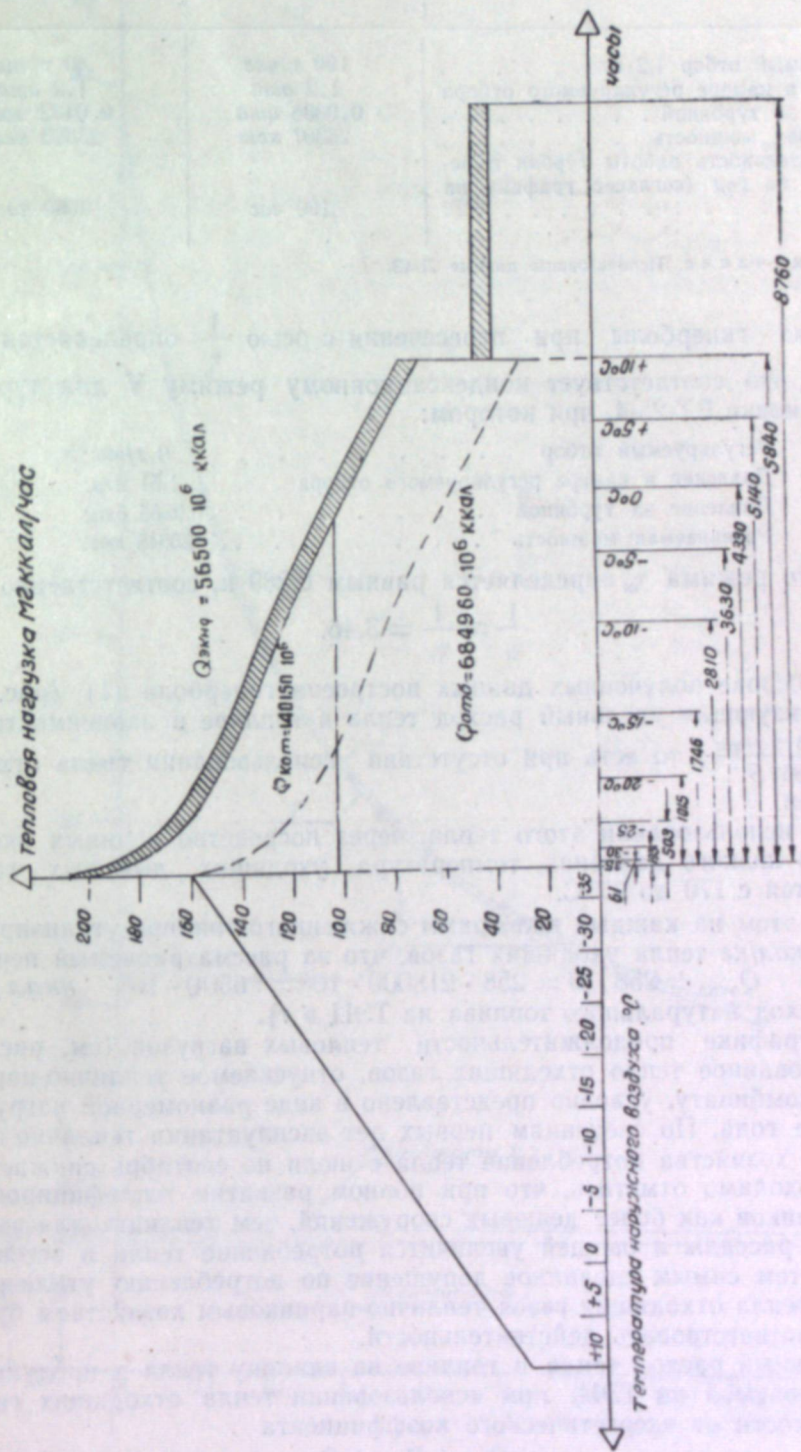


Рис. 1. Головой график отпуска тепла.



Таблица 1

Показатели	Режим I	Режим II
Регулируемый отбор 1,2 ата . . . . .	100 т/час	40 т/час
Давление в камере регулируемого отбора . . . . .	1,2 ата	1,2 ата
Давление за турбиной . . . . .	0,0336 ата	0,0432 ата
Развиваемая мощность . . . . .	26307 квт	25690 квт
Продолжительность работы турбин в режимах за год (согласно графику на рис. 1). . . . .	5100 час	3660 час

Примечание. Используются данные ЛМЗ.

Точка гиперболы при пересечении с осью  $\frac{1}{\eta}$  определяется при  $Q_{отб} = 0$ , что соответствует конденсационному режиму V для турбинной установки ВТ-25-4, при котором:

Регулируемый отбор . . . . .	0 т/час;
Давление в камере регулируемого отбора . . . . .	1,51 ата;
Давление за турбиной . . . . .	0,0565 ата;
Развиваемая мощность . . . . .	25645 квт.

Для этого режима  $\eta_k$  определяется равным 0,289 и, соответственно

$$\frac{1}{\eta_1} = \frac{1}{\eta_k} = 3,46.$$

На основе полученных данных построена гипербола (1) (рис. 2), характеризующая удельный расход тепла в топливе в зависимости от  $Z_1 = \frac{Q_{отб} + Q_{кот}}{860 \text{ Э}}$ , то есть при отсутствии использования тепла отходящих газов.

При использовании этого тепла, через посредство водяных экономайзеров низкого давления, температура уходящих дымовых газов понижается с 170 до 95°С.

При этом на каждый килограмм сожженного топлива утилизируется 258 ккал/кг тепла уходящих газов, что за рассматриваемый период составит  $Q_{экид} = 258 \cdot B = 258 \cdot 218000 \cdot 10^3 = 6500 \cdot 10^6$  ккал/год ( $B$  — расход натурального топлива на ТЭЦ в т).

На графике продолжительности тепловых нагрузок (см. рис. 1) утилизированное тепло отходящих газов, отпускаемое теплично-парниковому комбинату, условно представлено в виде равномерной нагрузки в течение года. По сведениям первых лет эксплуатации теплично-парникового хозяйства потребление тепла с июля по сентябрь снижается.

Необходимо отметить, что при полном развитии теплофицированных парников как более дешевых сооружений, чем теплицы, для выращивания рассады и овощей увеличится потребление тепла в весенние месяцы; тем самым сделанное допущение по потреблению утилизированного тепла отходящих газов теплично-парниковым хозяйством будет ближе соответствовать действительности.

Удельный расход тепла в топливе на единицу тепла в продукции, вырабатываемой на ТЭЦ, при использовании тепла отходящих газов в зависимости от энергетического коэффициента

$$Z_2 = \frac{Q_{отб} + Q_{кот} + Q_{экид}}{860 \text{ Э}}$$

характеризуется гиперболой (2).

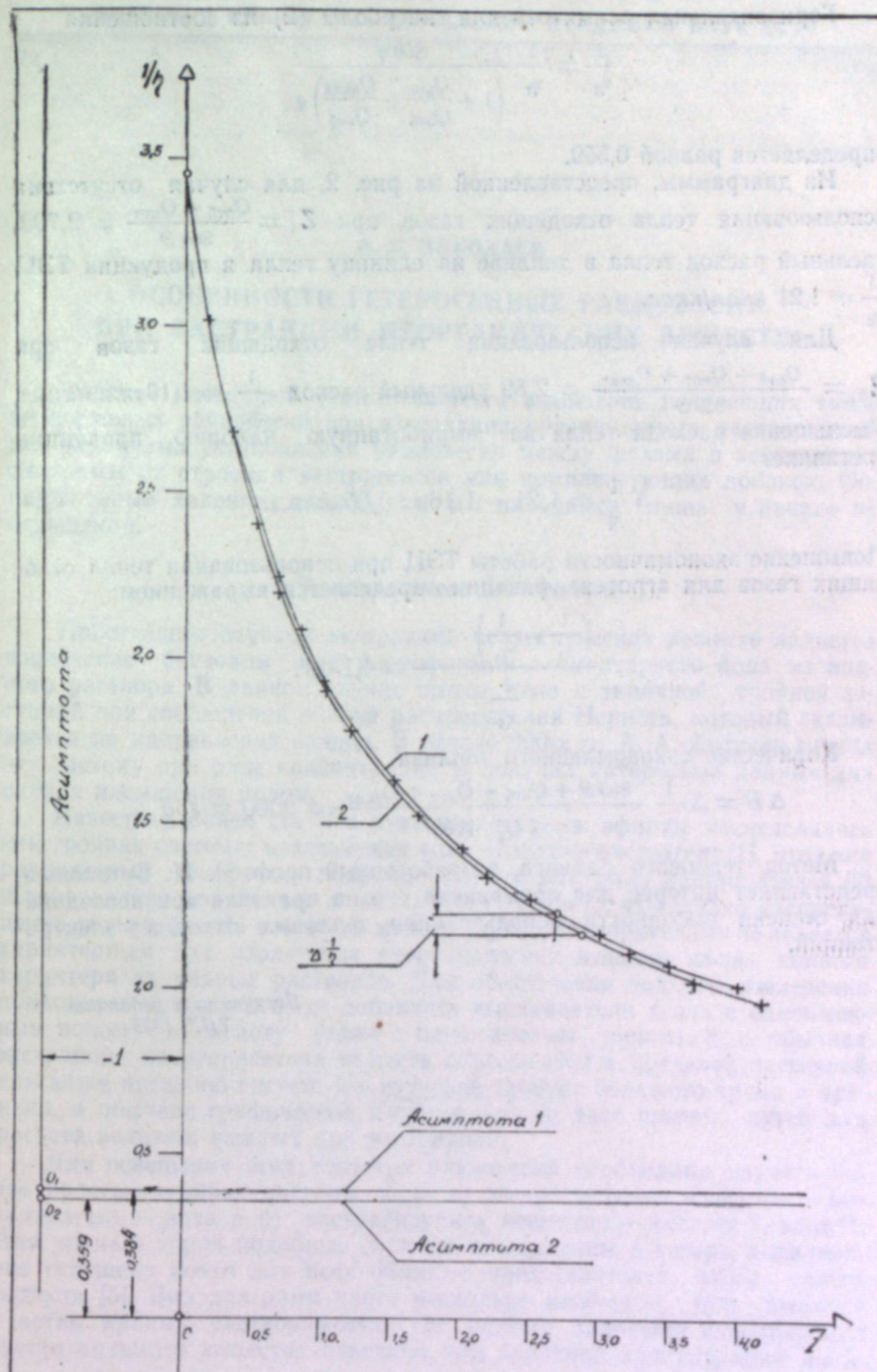


Рис. 2. Удельный расход тепла на выработанную килокалорию продукции ТЭЦ в зависимости от энергетического коэффициента.



Горизонтальная асимптота для гиперболы (2) из соотношения

$$\frac{1}{\eta_2} = \frac{1}{\eta_1} \frac{860 \varphi}{\left(1 + \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{отб}}} + \frac{Q_{\text{экил}}}{Q_{\text{отб}}}\right) q}$$

определяется равной 0,359.

Из диаграммы, представленной на рис. 2, для случая отсутствия использования тепла отходящих газов при  $Z_1 = \frac{Q_{\text{отб}} + Q_{\text{кот}}}{860 \varphi} = 2,702$ , удельный расход тепла в топливе на единицу тепла в продукции ТЭЦ  $\frac{1}{\eta_1} = 1,21$  ккал/ккал.

Для случая использования тепла отходящих газов при  $Z_2 = \frac{Q_{\text{отб}} + Q_{\text{кот}} + Q_{\text{экил}}}{860 \varphi} = 2,89$  удельный расход  $\frac{1}{\eta_2} = 1,16$  ккал/ккал. Уменьшение расхода тепла на выработанную калорию продукции составляет

$$\Delta \frac{1}{\eta} = 1,21 - 1,16 = 0,05 \text{ ккал.}$$

Повышение экономичности работы ТЭЦ при использовании тепла отходящих газов для агротеплофикации определяется выражением:

$$\frac{\left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2}\right) \cdot 100}{\frac{1}{\eta_2}} = 4,13\%$$

Количество сэкономленного топлива

$$\Delta B = \Delta \frac{1}{\eta} \frac{860 \varphi + Q_{\text{отб}} + Q_{\text{кот}} + Q_{\text{экил}}}{Q_p \cdot 1000} = 9000 \text{ т/год.}$$

Метод теплового баланса, разработанный проф. И. Н. Бутаковым, представляет интерес для применения его на практике при исследовании степени выгодности использования тепловых отходов электростанций.

Поступила в редакцию  
7/IX, 1959

А. В. НИКОЛАЕВ

### ОСОБЕННОСТИ ГЕТЕРОГЕННЫХ РАВНОВЕСИЙ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ\*

Задачей настоящей статьи является выявление главнейших типов гетерогенных равновесий при экстракции органическими растворителями, механизма установления равновесия между фазами и зависимости диаграмм от строения экстрагентов или комплексообразователей. Обнаруженные явления сложны, и мы находимся лишь у начала их освещения.

#### 1. Трехкомпонентные системы

Простейшим случаем экстракции неорганических веществ является извлечение бензолом или хлороформом элементарного йода из водного раствора. В данном случае имеют дело с типичной тройной системой при соблюдении закона распределения Нерста, который сказывается на направлении каннод. В начале 900-х гг. А. А. Яковкин изучил эту систему при ряде концентраций и получил интересные данные для случая насыщения йодом.

Известное более ста лет извлечение урана эфиром исследовалось как тройная система: извлекаемая соль — вода — экстрагент [1]. Этот вид равновесных диаграмм подробно изучен для ряда растворителей [2] и справедливо привлекает внимание до сих пор [3, 4]. Однако распределение только одного вещества между двумя растворителями не является характерным для извлечения неорганических веществ из-за ионного характера их водных растворов. Для обеспечения полноты извлечения приходится в водную фазу добавлять высаливатели (соль с одноименным ионом) и кислоту (тоже с одноименным ионом), т. е. обычная экстракция неорганических веществ описывается в пределах четверной или даже пятерной систем. Их изучение требует большого труда и времени, а обычное графическое изображение не дает простых путей для расчета величин, важных при экстракции:

Для освещения этих сложных равновесий необходимо изучить более простые тройные системы типа: а) экстрагируемое вещество — высаливатель — вода и б) экстрагируемое вещество — кислота — вода\*\*. Для урана и тория подобные системы исследованы и теперь высаливание освещено почти для всех обычных представителей этого класса веществ [5]. Вид диаграмм часто несколько необычен; так, имеются участки кривых растворимости, где одному значению концентрации экстрагируемого вещества отвечают три значения концентрации высаливателя.

\* Доложено на объединенном Ученом Совете по химии СО АН СССР в октябре 1959 г.

\*\* Подлежат изучению также системы: высаливатель — кислота — вода, высаливатель — кислота — экстрагент, высаливатель — вода — экстрагент, кислота — вода — экстрагент и др.



ливателя (рис. 1). При образовании двойной соли растворимость экстрагируемой соли растет при увеличении концентрации высаливателя. Здесь эффект высаливания в водной фазе маскируется комплексобразованием, точнее образованием двойной соли (рис. 2).

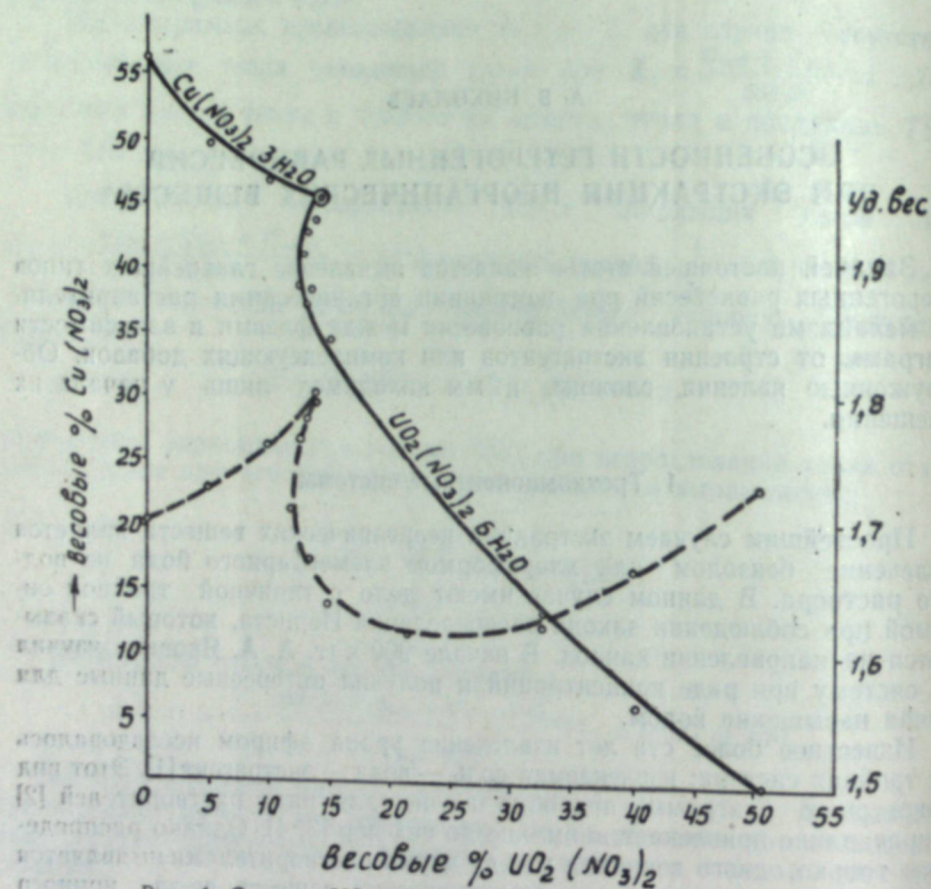


Рис. 1. Система  $UO_2(NO_3)_2 - Cu(NO_3)_2 - 1,5 \text{ n HNO}_3 - H_2O$ . Растворимость (—) и удельный вес (---) растворов при  $25^\circ C$ .

Любопытно, что обычные высаливатели не обезвоживают, т. е. не понижают в твердой фазе гидратности экстрагируемой соли. Только азотная кислота и некоторые соли (например,  $Cu(NO_3)_2$  для  $Th(NO_3)_4$ ) являются исключением в этом отношении [5]. При образовании двойной соли уранилнитрата с азотнокислым аммонием гидратность снижается за счет координационного замещения —  $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  и  $UO_2(NO_3)_2 \cdot 2NH_4NO_3 \cdot 2H_2O$ .

Интересно, что одна молекула  $NH_4NO_3$  занимает два координационных места. Отметим, что образование двойной соли особо не сказывается на экстракционном извлечении.

Плотность насыщенных растворов также представлена на рис. 1 и 2. Можно отметить одну общую особенность диаграмм с высаливателями — наклон ветвей растворимости высаливателя и извлекаемой соли почти одинаков, что показывает близкую меру высаливания для обеих солей, т. е. в водной фазе совершенно явно наблюдается взаимное высаливание экстрагируемой соли высаливателем и наоборот. По аналогии можно ожидать взаимного высаливания и в органической фазе (подробнее см. ниже).

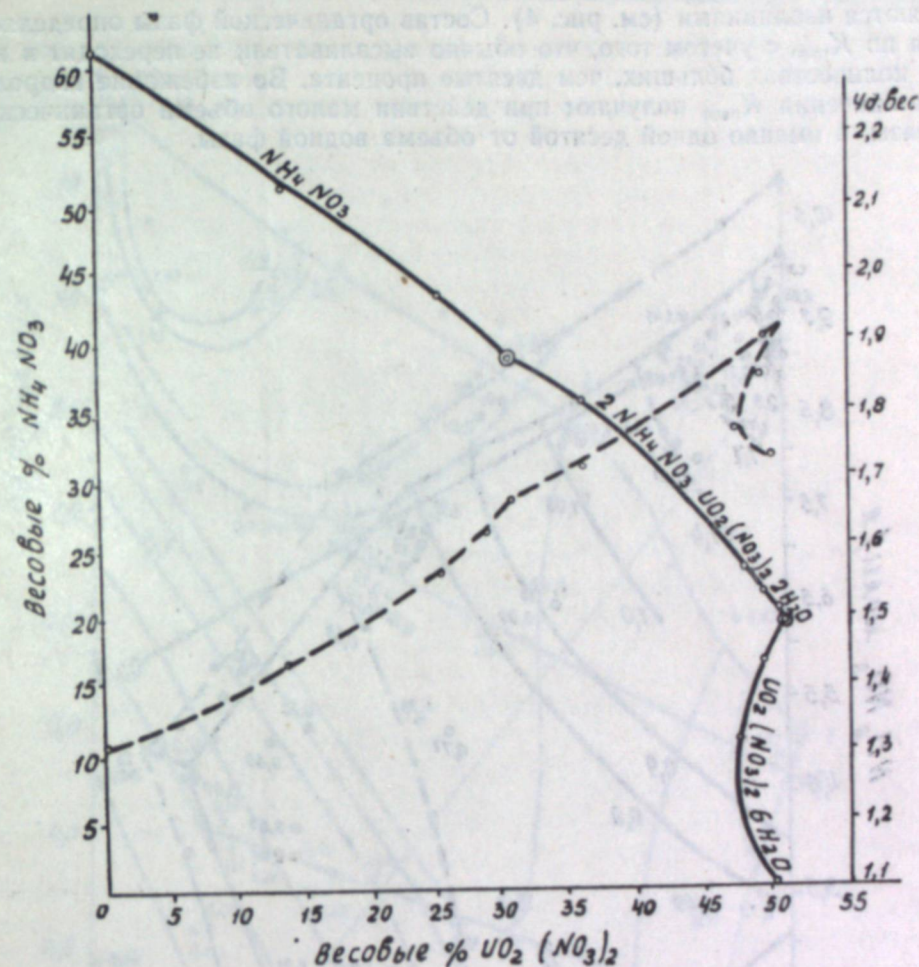


Рис. 2. Система  $UO_2(NO_3)_2 - NH_4NO_3 - 1,5 \text{ n HNO}_3 - H_2O$ . Растворимость (—) и удельный вес (---) растворов при  $25^\circ C$ .

## 2. Четырехкомпонентные системы

Для случая водной фазы изучено несколько четверных систем; типичной является система  $UO_2(NO_3)_2 - NH_4NO_3 - H_2O + 1,5 \text{ n HNO}_3$  [6]. От соответствующей тройной системы (без кислоты) она отличается меньшей поверхностью поля ненасыщенных растворов, т. е. уменьшением растворимости всех фаз от прибавления кислоты; в прямоугольных координатах (рис. 3) штрихом дано равновесие без кислоты, а сплошные линии при наличии  $1,5 \text{ n HNO}_3$ . Аналогично выглядит система с  $La(NO_3)_3$  вместо  $UO_2(NO_3)_2$ , в ней имеется также двойная соль.

Совершенно неожиданными особенностями обладают собственно экстракционные четверные системы: экстрагируемая соль — высаливатель — вода — экстрагент. Изученная в области расслоения система  $UO_2(NO_3)_2 - NH_4NO_3 - H_2O - (C_2H_5)_2O$  [6] является типичной (рис. 4). Ее характерные свойства легко проявляются при использовании предложенного нами простого метода изображения: на график водной тройной системы в прямоугольных координатах наносятся значения равновесных коэффициентов распределения как в поле ненасыщенных растворов, так и на ветвях насыщения. Равные значения  $K_{расп}$  соеди-



няются изолиниями (см. рис. 4). Состав органической фазы определяется по  $K_{расп}$  с учетом того, что обычно высаливатели не переходят в нее в количествах больших, чем десятые проценты. Во избежание гидролиза значения  $K_{расп}$  получают при действии малого объема органической фазы, а именно одной десятой от объема водной фазы.

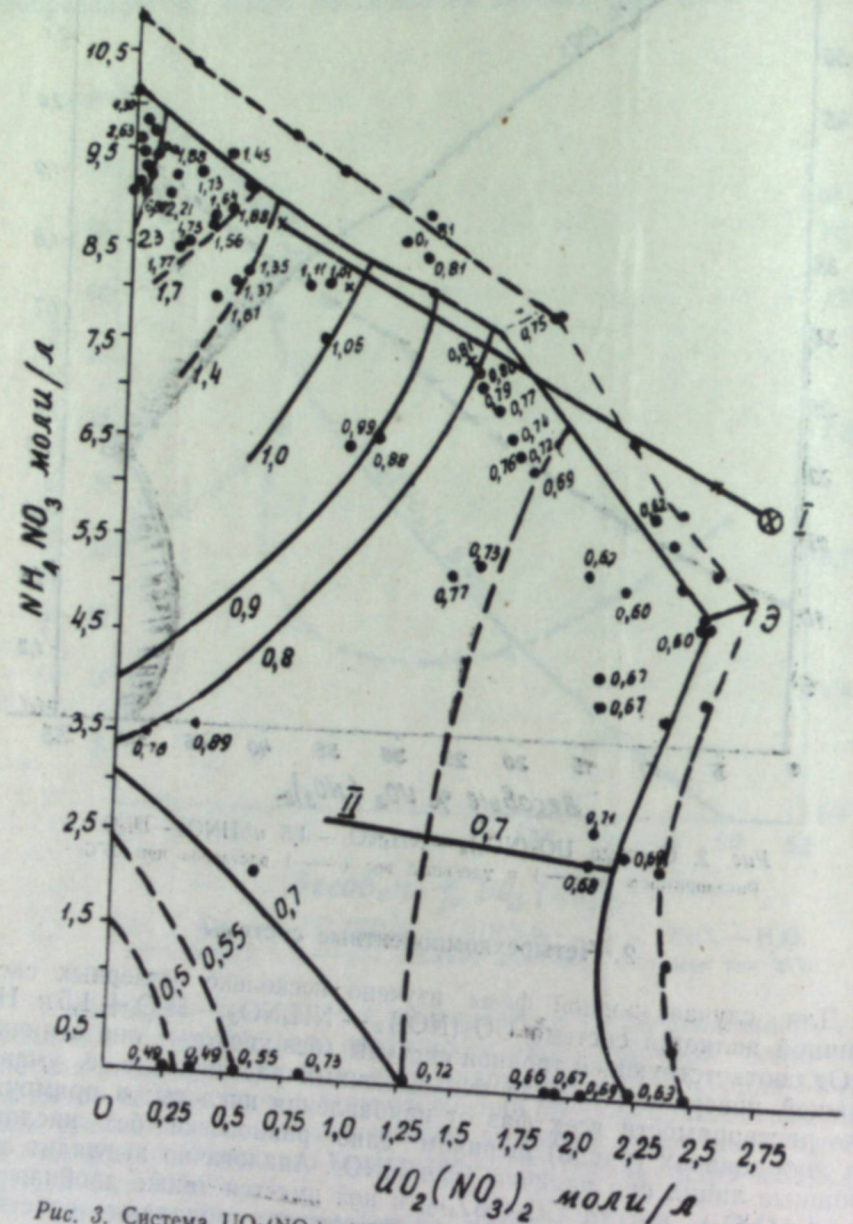


Рис. 3. Система  $UO_2(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 1,5 n HNO_3 + H_2O + (C_2H_5)_2O$ .

В этих координатах фигуративные точки водной фазы изменяются при экстракции по прямолинейному лучу, что очень упрощает понимание хода экстракции и связанные с ним расчеты.

При рассмотрении изолиний  $K_{расп}$  (см. рис. 4) легко выделить три области:

- А. Область малого извлечения ( $K_{расп} = 0,001 - 0,15$ ),
- Б. Пороговую область ( $K_{расп} = 0,15 - 0,7$ ),

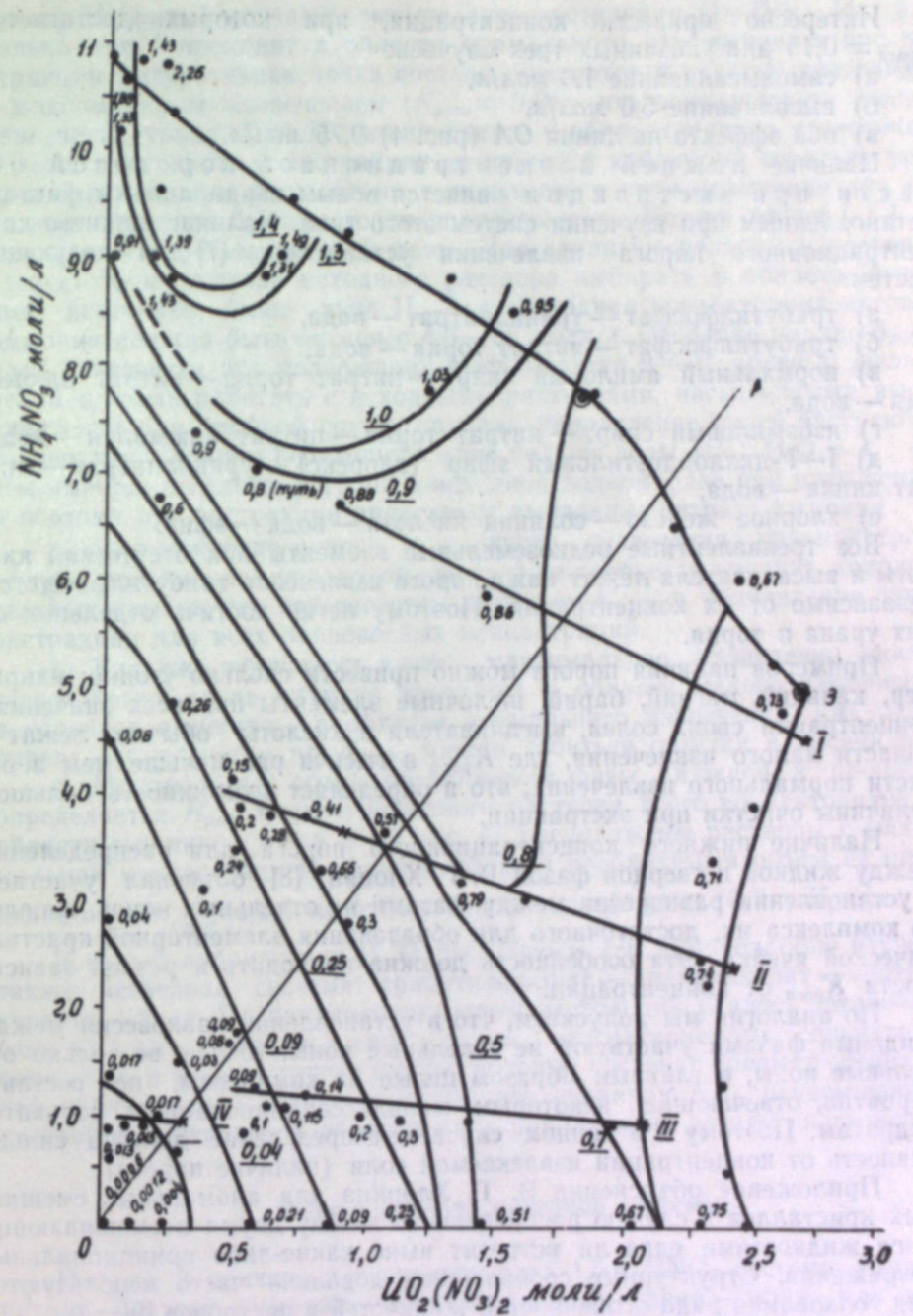


Рис. 4. Система  $UO_2(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O + (C_2H_5)_2O$ .

В. Область нормального извлечения ( $K_{расп} \approx 0,7$ ).

Важно отметить, что ход кривой  $K_{расп}$  — концентрация, данный на рис. 5, отвечает как изменению концентрации только одной экстрагируемой соли (эффект самовысаливания), так и росту концентрации одного высаливателя при постоянной концентрации извлекаемого вещества (эффект высаливания) и, очевидно, при росте концентрации как высаливателя, так и экстрагируемой соли (совместные действия высаливания и самовысаливания).



Интересно привести концентрации, при которых достигается  $K_{расп} = 0,15$  для указанных трех случаев:

- самовысаливание 1,0 мол/л,
- высаливание 5,0 мол/л,
- оба эффекта на линии *OA* (рис. 4) 0,75 мол/л.

Наличие нижней концентрационной пороговой области при экстракции является новым кардинальным фактом, установленным при изучении систем этого типа. Наличие нижнего концентрационного порога извлечения установлено [7] для следующих систем:

- трибутилфосфат — уранилнитрат — вода,
- трибутилфосфат — нитрат тория — вода,
- нормальный амиловый спирт — нитрат тория — нитрат алюминия — вода,
- изоамиловый спирт — нитрат тория — нитрат алюминия — вода,
- I—I'-дихлордиэтиловый эфир (хлорекс) — уранилнитрат — нитрат цинка — вода,
- хлорное железо — соляная кислота — вода — эфир.

Все трехвалентные редкоземельные элементы при отсутствии кислоты и высаливателя лежат ниже порога извлечения трибутилфосфатом независимо от их концентрации. Поэтому легко достичь отделения от них урана и тория.

Примеров наличия порога можно привести сколько угодно; например, кальций, магний, барий, щелочные элементы при всех значениях концентрации своих солей, высаливателя и кислоты обычно лежат в области малого извлечения, где  $K_{расп}$  в тысячи раз меньше, чем в области нормального извлечения; это и определяет возможность большой величины очистки при экстракции.

Наличие нижнего концентрационного порога для распределения между жидкой и твердой фазой В. Г. Хлопин [8] объяснил участием в установлении равновесия между фазами не отдельных ионов, а целого комплекса их, достаточного для образования элементарной кристаллической ячейки. Эта особенность должна приводить к резкой зависимости  $K_{расп}$  от концентрации.

По аналогии мы допускаем, что в установлении равновесия между жидкими фазами участвуют не отдельные ионы, точнее, не только отдельные ионы, а главным образом целые их комплексы, по составу, вероятно, отвечающие некоторым малодиссоциированным сольватогидратам. Поэтому и в данном случае распределение должно сильно зависеть от концентрации извлекаемой соли (наличие порога).

Приложение объяснения В. Г. Хлопина для аномальных смешанных кристаллов к случаю распределения между двумя несмешивающимися жидкостями едва ли встретит ныне какие-либо принципиальные возражения. Структурные соображения довольно часто используются для толкования ряда особенностей жидкостей и растворов [9].

Для области малого извлечения можно принять механизм Бергло-Нернста: состав извлекаемого вещества одинаков в обеих фазах. При наличии порога закон распределения Бергло-Нернста явно не приложим: в водной фазе преобладают гидратные формы распределяемого вещества, а в органической — сольваты или сольватогидраты. Интересно отметить, что, как и в случае аномальных смешанных кристаллов [8], относительное постоянство  $K_{расп}$  наблюдается при больших концентрациях, в нашем случае в области нормального извлечения.

Наличие нижнего концентрационного порога при экстракции имеет большое практическое значение. Приведем некоторые примеры.

а) На рис. 4 показаны четыре луча экстракции (I—IV). Из них только луч I проходит в области нормального извлечения, и при экстракции фигуративная точка состава смещается к участку диаграммы с максимальным извлечением ( $K_{расп} = 0,9$ ), что обеспечивает полное извлечение урана. Луч II заканчивается в области малого извлечения, и даже многократная экстракция не приведет к полному переходу урана в органическую фазу. Очень показателен в этом отношении луч IV, на нем три очень близкие точки получены при действии эфира I : I по отношению к объему водной фазы. Для гарантии полноты извлечения следует точку состава исходного раствора выбирать в области, лежащей несколько выше луча II, т. е. исходная концентрация нитрата аммония должна быть не менее 4,0—4,5 молей/л. Особенно удачно будет идти извлечение при содержании высаливателя 9—10 молей/л. Нельзя рекомендовать работать с исходными растворами, насыщенными высаливателем или двойной солью, так как направление лучей экстракции таково, что с ураном переходит в эфир больше воды ( $U : H_2O = 1 : 4$ ), чем имеется на единицу урана в исходной водной фазе при насыщении, и поэтому при экстракции происходит выпадение нитрата аммония.

б) Для суждения о ходе и величине извлечения уранилнитрата эфиром при наличии указанной системы не требуется никаких дополнительных опытов, так как известны величины  $K_{расп}$  и направление лучей экстракции для всех равновесных концентраций.

в) Как уже отмечалось выше, максимальное разделение достигается тогда, когда примеси находятся в области малого извлечения, а основное вещество — в области нормального извлечения. Как легко определить расчетом по  $K_{расп}$ , можно добиться очистки в тысячи раз.

г) Минимальный объем органической фазы, нужной в процессе, определяется  $K_{расп}$  в точке исходного раствора и его концентрацией. В области эвтоники (точка Э на рис. 4) расположены растворы с максимальной концентрацией эфирной фазы, и необходимый объем ее определяется как  $\frac{1}{0,7} \approx 1,4$  по отношению к водной фазе ( $0,7 = K_{расп}$ ).

В нашей лаборатории И. И. Яковлевым (см. [6]) подробно изучена также четверная система: трибутилфосфат — уранилнитрат — азотная кислота — вода. По направлению лучей экстракции удалось установить без всяких допущений состав экстрагируемого сольватного комплекса и многие другие факты, которые составят предмет специальной публикации. Следует отметить, что изолинии  $K_{расп}$  ненасыщенных растворов в некоторой области идут параллельно ветвям насыщения.

### 3. Изоконцентрата пятерной системы

На рис. 3 приведена изоконцентрата 1,5*n* HNO<sub>3</sub> системы уранилнитрат — нитрат аммония — азотная кислота — вода — эфир. Как видно, пороговая область исчезла и при малых концентрациях урана и высаливателя  $K_{расп}$  имеет значение около 0,5 (см. штриховую линию на рис. 5). Таким образом, введение 1,5*n* кислоты сделало полное извлечение возможным для всего поля ненасыщенных растворов. Полнота извлечения, минимум объема эфирной фазы в процессе и наименьшая высота колонны будут достигнуты, если и в этом случае исходить из водных растворов, расположенных также вблизи эвтоники системы (точка Э на рис. 3).

Очень интересен луч II (рис. 3) — на всем его протяжении  $K_{расп}$  постоянно и равно 0,7. Обращают на себя внимание высокие значения



$K_{расп}$  в области максимального извлечения (до 2,3), что позволяет успешно вести экстракции и при малых исходных концентрациях урана. Бросается в глаза упрощение строя диаграммы при увеличении компонентности.

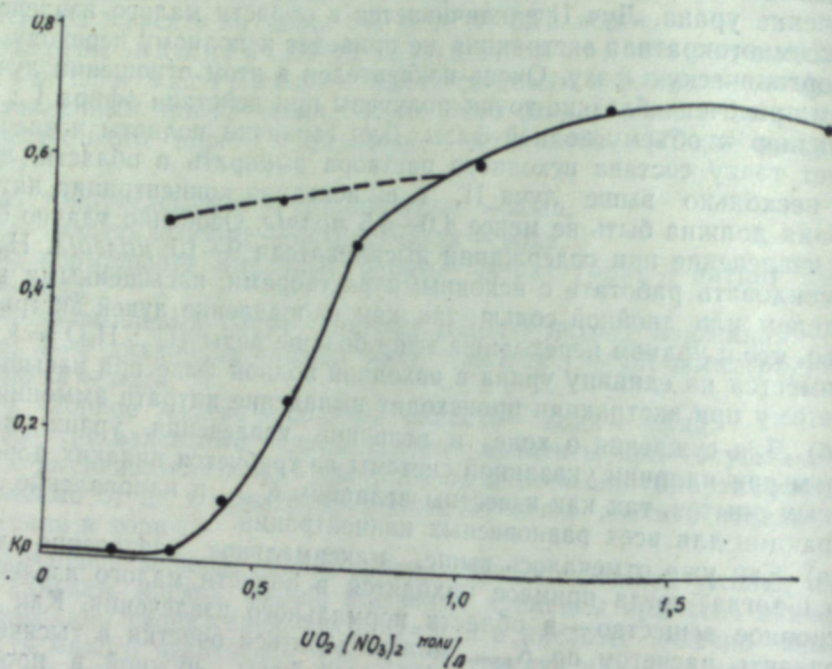


Рис. 5. Разрез по линии OA рис. 4.

#### 4. Высаливание из органической фазы (взаимное влияние экстрагируемых веществ)

Выше разобран наиболее простой случай распределения, когда высаливатель не переходит в органическую фазу. Азотная кислота, как мы видели в разделе 3, влияет на извлечение сильнее, чем солевые высаливатели. Между тем кислота заметно извлекается в органическую фазу. При переработке атомного горючего давно применяется промывание экстракта 3*n* HNO<sub>3</sub> для уменьшения содержания в нем осколочных элементов. Этот процесс можно толковать как ретроградную экстракцию, тогда основное вещество находится в области нормального извлечения, а примеси — в области малого извлечения.

Но имеются случаи прямого взаимодействия типа высаливания из органической фазы. Так, при изучении системы изоамиловый спирт — вода — нитрат алюминия — нитрат тория [5] было установлено, что по мере перехода нитрата тория в органическую фазу содержание в ней нитрата алюминия резко падает, как хорошо видно на рис. 6.

Отметим, что нитрат алюминия является высаливателем для нитрата тория в водной фазе, а последний «высаливает» нитрат алюминия из органической фазы.

Наиболее интересные факты получены нами при изучении экстракции редкоземельных элементов из 12*n* HNO<sub>3</sub>. В этих условиях система находится в области нормального извлечения, и в случае малого равновесного содержания экстрагируемого вещества в органической фазе должно наблюдаться уменьшение извлечения с увеличением concentra-

ции исходного водного раствора\*. Этот своеобразный эффект противоположен явлению высаливания; мы его назвали в с а л и в а н и е м.

Ранее было отмечено для церия IV уменьшение извлечения с увеличением концентрации исходного раствора при действии трибутилфосфата [10].

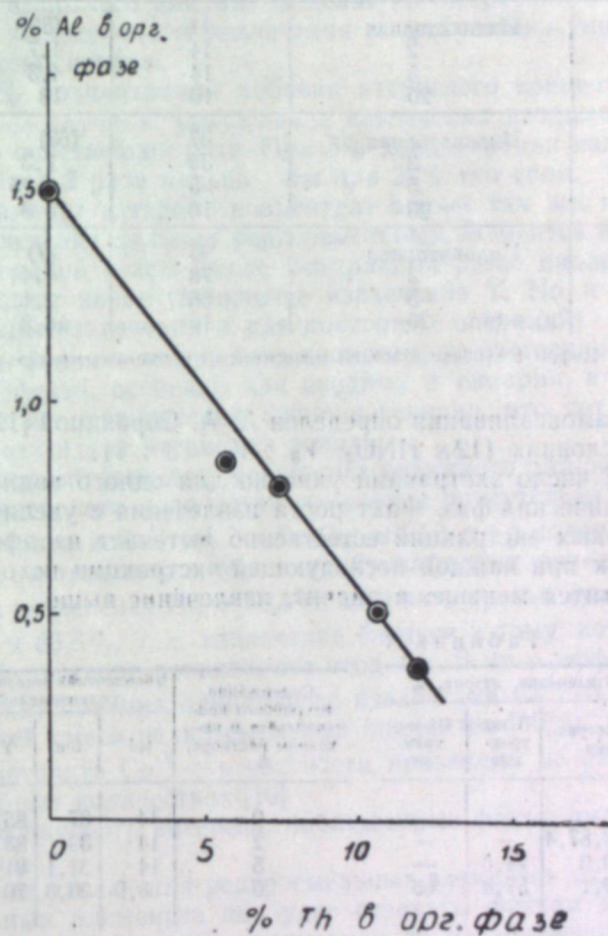


Рис. 6. Высаливание Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> из изоамилового спирта Th(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>.

Были получены [11] следующие данные (табл. 1) по распределению некоторых редкоземельных элементов между 12*n* HNO<sub>3</sub> и трибутилфосфатом ( $V_n : V_o = 3 : 1$ ).

Как видно из табл. 1, для трех редкоземельных элементов, расположенных в начале, середине и конце ряда, эффект самовсаливания (уменьшение извлечения с ростом концентрации) оказался явно выраженным.

Малого высаливающего эффекта следовало ожидать для этих элементов из-за заметно большего радиуса ионов (1,22—0,99 Å), по сравнению с такими типичными высаливателями, как Al<sup>+++</sup> (0,57 Å) и Fe<sup>+++</sup> (0,67 Å).

\* Уменьшается % извлечения и  $K_{расп}$ , а концентрация органической фазы все же растет с концентрацией исходного раствора.



Таблица 1

Редкоземельный элемент	Концентрация исходного водного раствора, в % $\text{Э}_2\text{O}_3$	% извлечения	Концентрация, в % $\text{Э}_2\text{O}_3$ равновесной	
			возл. фазы	органич. фазы
Неодим	Индикаторная	14	(86)	(42)
»	2	14	1,7	0,8
»	5	14	4,3	2,1
»	20	10	18	6
Самарий	Индикаторная	37	(63)	(III)
»	2	35	1,3	2,1
»	5	35	3,25	5,25
»	20	16	16,8	9,6
Иттербий	Индикаторная	93	(7)	(279)
»	2	78	0,44	4,7
»	5	56	2,1	8,7
»	20	16	16,8	9,6

Примечание. Цифры в скобках отвечают процентам от исходной концентрации.

Эффект самовсаливания определен А. А. Сорокиной [11] для иттрия при тех же условиях ( $12\text{N HNO}_3$ ;  $V_n : V_0 = 3 : 1$ ).

В табл. 2 число экстракций указано для одного водного раствора и новых органических фаз. Факт роста извлечения с увеличением числа последовательных экстракций естественно вытекает из эффекта всаливания, так как при каждой последующей экстракции исходная концентрация становится меньше, а значит, извлечение выше.

Таблица 2

Исходная концентрация, в % $\text{Э}_2\text{O}_3$	Извлечение иттрия, %		
	I экстракция	II экстракция	III экстракция
Индикаторная	88,2; 87,4	—	—
2	59,6	74,5	—
4	39,1	57,4	68

Таблица 3

Содержание иттриевого концентрата в исходном растворе, %	% извлечения индикаторных количеств редкоземельного элемента				
	Nd	Sm	Y	Ho	Yb
0	14	37	85,6	78,6	92,6
2	14	39	83,9	77,0	90,5
5	14	31,1	81,2	76,9	86,7
20	8,9	30,3	70	70,2	89,6

Для понимания процесса экстракционного разделения редкоземельных элементов было определено влияние на извлечение индикаторных количеств неодима, самария, иттрия, гольмия и иттербия двух концентратов: а) неодимового (состав: Nd — 55%; Pr — 17%; Sm — 3,7%; La — 7%; Eu — 0,72%; Gd — 0,7% и от 0,04 до 0,1% дальних редкоземельных элементов) и б) иттриевого (состав Nd — 2,5%; Pr — 0,7%; Sm — 2,4%; La — 4,3%; Eu — 0,1%; Gd — 4,0%; Tb — 1,4%; Dy — 5,2%; Pr — 4,3%; Tm — 0,9%; Lu — 6,5%; Y — 14,5%) (табл. 3, 4).

Таблица 4

Содержание иттриевого концентрата в исходном растворе, %	% извлечения индикаторных количеств редкоземельных элементов				
	Nd	Sm	Y	Ho	Yb
0	14	37	85,6	78,6	92,6
2	8,7	33	65,1; 79,9	52; 70,5	77; 88
5	7,1	18	46,6; 67	32; 55,6	59,4; 74,5

Во всех случаях 2 и 5% концентрация диоксида не сказывается совсем или очень мало; 20% концентрация заметно влияет на извлечение Nd, Sm и очень мало — на извлечение Y и Ho. Для Yb и 20% концентрация добавки не дает всаливающего эффекта. Создается впечатление, что по величине взаимного влияния выделяются иттриевые земли. Это подтверждается определением извлечения в присутствии указанного выше иттриевого концентрата.

Даже 2% концентрация добавки иттриевого концентрата заметно влияет во всех случаях: уменьшение извлечения неодима больше, чем при 20% его собственной соли. При 5% концентрации извлечение самария оказалось в 2 раза меньше, чем при 20% его соли.

На извлечение иттербия концентрат влияет так же, как и его соль. Так как извлечение дальних редкоземельных элементов велико, то концентрация водной фазы после экстракции резко падает и повторная экстракция дает явное увеличение извлечения Y, Ho и Yb (в табл. 4 даны величины извлечения и для повторных операций).

Сильное влияние иттриевого концентрата явно указывает на механизм эффекта, особенно для неодима и самария, а именно, на их высаливание из органической фазы. Очевидно, что тот же механизм нужно принять и для иттриевых земель.

Очень показателен для механизма взаимного влияния опыт извлечения индикаторного количества гольмия в присутствии 0,2 г неодимового концентрата и  $\text{Ce}^{\text{IV}}$  (0,3 г  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ ) на 10 мл раствора.

Первая экстракция, когда в трибутилфосфат перешло около 98%  $\text{Ce}^{\text{VI}}$ , дала извлечение Ho — 68,8%; вторая и третья (уже без действия  $\text{Ce}^{\text{IV}}$ ) — 81 и 83,6%, т. е. извлечение близкое к тому, которое наблюдалось при 2% растворе концентрата неодима. В этом эффекте взаимного влияния лежит причина одинакового извлечения  $\text{Ce}^{\text{IV}}$  из чистых растворов и из всей смеси редкоземельных элементов [10], а также высокого качества экстракта  $\text{Ce}^{\text{IV}}$  — в частности празеодим не извлекается даже в индикаторных количествах [10].

Помимо научного интереса, наблюдаемые факты имеют и практическое значение.

а) Расчет извлечения редкоземельных элементов из смеси по  $K_{\text{расп}}$  для отдельных элементов не будет отвечать фактам из-за всаливающего эффекта, т. е. из-за высаливания из органической фазы (взаимное влияние). Это уже ранее отмечалось в литературе [12].

б) Разделение редкоземельных элементов при малых концентрациях водной фазы должно протекать легче, чем при больших. Из всего приведенного материала следует, что вначале надлежит выделить иттриевые редкоземельные элементы как сильно влияющие. В результате будет получен их концентрат; для оставшихся цериевых земель извлечение будет близко к теоретическому до 5% их концентрации.

в) Дочистку концентратов цериевых редкоземельных элементов следует вести при больших концентрациях водной фазы и малых объемах трибутилфосфата. Извлечение цериевых земель будет минимальным, а отделение иттриевых произойдет довольно полно.

г) Можно ждать, что иттербий и лютеций будут максимально влиять на извлечение других редких земель при экстракции трибутилфосфатом. Для этих элементов можно принять максимальную прочность солевых вод (проявление лантанидного сжатия).

д) Экстракция церия IV трибутилфосфатом дает хороший продукт из-за высаливания церием IV всех других редкоземельных элементов

\* Таким образом, церий IV мог действовать только через органическую фазу.

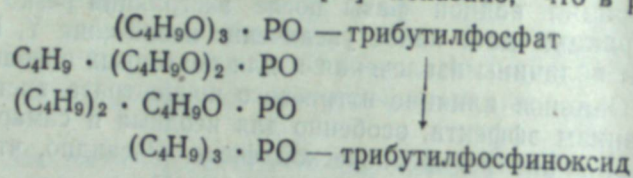


из органической фазы. Этим же объясняется одинаковое извлечение  $\text{Ce}^{\text{IV}}$  из раствора чистых его солей и из смеси редкоземельных элементов.

е) Из трибутилфосфата возможно вымывать редкоземельные элементы последовательно, как это сделано Веккери для водных растворов с помощью трилона В [13]. При этом отмывка даже 5% концентратом иттриевых земель должна освободить экстракт от La,  $\text{Ce}^{\text{III}}$ , Pr, Nd и отчасти Sm.

### 5. Вид равновесных диаграмм экстракции и строение экстрагентов

Нами совместно с Н. М. Синицыным [14] показано, что в ряду



извлечение нитрозонитрата рутения возрастает по мере уменьшения числа акцепторных, в данном случае эфирных групп. Однако бутиловые радикалы не только не обладают акцепторными свойствами, но и являются типичными донорными группами. Поэтому при образовании комплексов с экстрагируемым веществом следует ждать увеличения их прочности от трибутилфосфата к трибутилфосфиноксиду, что равносильно росту извлечения.

Изо-, amino- и многие другие группы превосходят бутил по донорным свойствам и, несомненно, при их введении в молекулу экстрагента вместо бутила следует ждать еще большего извлечения, вероятно, с одновременной потерей специфичности.

Как показано [15, 16], для приведенного выше ряда возрастает и в том же порядке извлечение уранила и плутония IV.

Поэтому изложенные соображения по акцепторно-донорным свойствам экстрагентов имеют общее значение и подтверждают ранее высказанные положения об участии в установлении равновесия между фазами не только ионов, но и комплексов. При этом по мере их упрочения менее вероятной становится область малого извлечения, что, однако, не изменяет механизма установления равновесия между фазами (не только через ионы, но и с помощью комплексов). Очевидно также, что введение в систему комплексонов, дающих комплексоны, легко растворимые в органической фазе, должно перевести любую систему в область нормального или максимального извлечения.

Другими словами, есть основания считать, что по мере увеличения прочности комплексных соединений в системе должна исчезать область малого извлечения и пороговые явления; следует также ждать очень резкого возрастания  $K_{\text{расп}}$ . Изменяются ли в условиях большой прочности экстрагируемых комплексов характер и сила взаимного влияния, пока сказать трудно. Давно и хорошо известно общее положение, что с ростом экстракционной способности растворителя падает специфичность извлечения. Это указывает на то, что нужно ждать сближения свойств в ряду подобных веществ (типа солей редкоземельных элементов), т. е. затухание взаимного влияния очень вероятно. Таким образом, по мере увеличения прочности комплексов при замене экстрагента или при введении комплексонов следует ждать упрощения строя диаграмм: в частности состав распределяемой формы может стать одинаковым для

обеих фаз и  $K_{\text{расп}}$  может изменяться с концентрацией по простому закону, например без пороговых концентраций.

Пример этого упрощения строя диаграммы получен нами для изо-концентраты пятерной системы при ее сравнении с четверной (см. выше).

Институт неорганической химии  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
26/XII 1959

### ЛИТЕРАТУРА

1. Misciatelli. *Gaz. Chim. Ital.*, 60, 839 (1930).
2. L. Katz, Sullivan. *J. phys. Coll. Chem.*, 55, 346 (1951).
3. А. В. Николаев. *Химическая наука и промышленность*, 5, 548 (1956).
4. А. Н. Соколов, В. М. Вдовенко. Тезисы доклада на VIII Менделеевском съезде, № 1, 163 (1959).
5. А. Г. Курнакова, А. В. Николаев. *ЖНХ*, III, 1028 (1958).
6. А. В. Николаев, А. Г. Курнакова. *ЖНХ*, III, 1039 (1958).
7. А. В. Николаев, А. Г. Курнакова, И. И. Яковлев. Тезисы доклада на VIII Менделеевском съезде, № 1, 97 (1959).
8. В. Г. Хлопни. *Избр. труды*. Т. 1, 241—268, изд. АН СССР, 1957.
9. Г. Б. Бокий. *Успехи химии*, 5, 605 (1954).
10. А. В. Николаев, А. А. Сорокина, А. С. Масленникова. *ЖНХ*, 3, 15 (1958).
11. А. В. Николаев, А. А. Сорокина. *ДАН СССР*, 127, № 1, 117 (1959).
12. Утвер, Каппельман, Топп. Сб. «Редкоземельные металлы», ИЛ., 254 (1957).
13. Веккери. Сб. «Редкоземельные металлы», ИЛ., 99, (1957).
14. А. В. Николаев, Н. М. Синицын (в печати).
15. L. Buerger. *J. phys. Chem.*, 5, 62, 560 (1958).
16. I. Kennedy. *Chem. and. Industry*, 30, 950 (1958).



В. А. МИХАЙЛОВ

ЭКСТРАКЦИЯ С ПЕРЕКРЕСТНЫМ ТОКОМ  
ИСХОДНОГО РАСТВОРА

Эффективность процесса экстракции определяется величиной коэффициента распределения  $E$  (орг./водн.), отношением объемов фаз органической к водной  $O : B = 1 : m$ , числом ступеней экстракции  $n$ , расходом экстрагента на единицу объема водной фазы  $R$  и схемой экстракции. Задачей формальной теории экстракционных процессов является установление зависимости между этими величинами для различных экстракционных схем с целью отыскания оптимальных условий и определения областей применения разных схем.

Как известно, при однократной экстракции потери экстрагируемого вещества с рафинатом могут быть найдены по уравнению

$$\varphi_{1,R} = \frac{m}{E+m} = \frac{1}{ER+1}, \quad (1)$$

где

$$R = \frac{1}{m}. \quad (2)$$

Для случая экстракции с перекрестным током растворителя (рис. 1, а) имеем\*

$$\varphi_{n,R}^s = \left( \frac{1}{1 + \frac{E}{m}} \right)^n = \left( \frac{1}{1 + \frac{ER}{n}} \right)^n, \quad (3)$$

где

$$R = \frac{n}{m}. \quad (4)$$

При разделении данного количества растворителя на бесконечно большое число малых порций выражение (3) стремится к пределу

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \varphi_{n,R}^s = e^{-ER}. \quad (5)$$

Сопоставление уравнений (1), (3) и (5) показывает, что разбиение данного количества растворителя на меньшие порции повышает эффективность процесса. Однако на несколько частей можно разделить и подвергаемый экстрагированию раствор. Одной порцией растворителя можно последовательно обработать  $n$  порций исходного раствора. Такой способ экстрагирования может быть назван экстракцией с перекрестным током исходного раствора (рис. 1, б). Возможности такого способа экстрагирования в литературе, насколько нам известно, не рассмотрены.

Рассмотрим  $n$  ступеней экстракции с перекрестным током исходного раствора. Допустим, как обычно, что коэффициент распределения

\* А. А. Гальдерс. Жидкостная экстракция. ИЛ, М., 1957.

на всех ступенях сохраняет постоянное значение и что отношение  $O : B$  на всех ступенях постоянно и равно  $1 : m$ . Эти допущения могут быть реализованы при применении индикаторных количеств экстрагируемого вещества и предварительном насыщении растворителя исходным раствором, не содержащим экстрагируемого вещества.

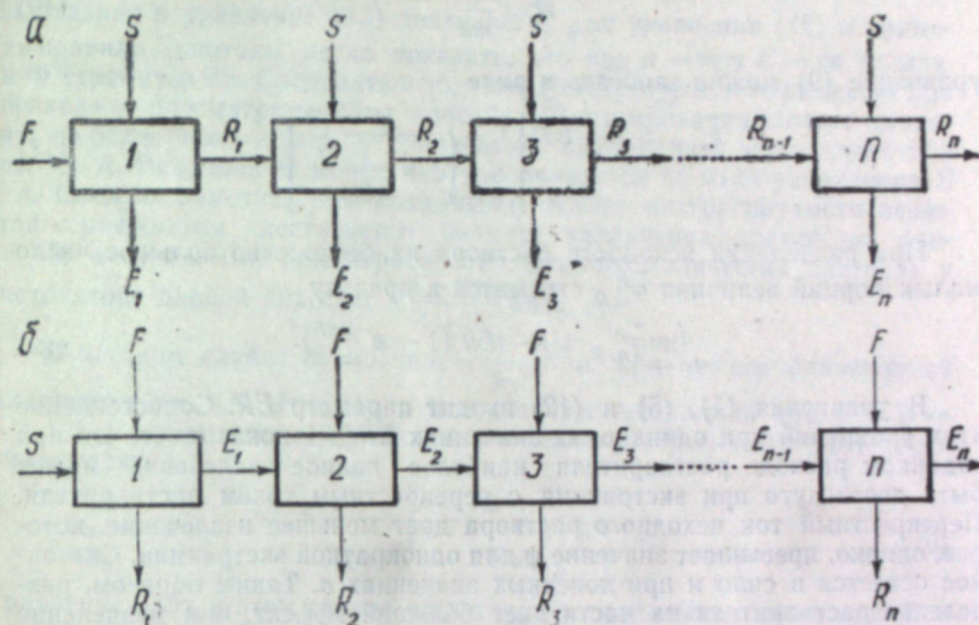


Рис. 1. а) Экстракция с перекрестным током растворителя. б) Экстракция с перекрестным током исходного раствора:

$F$  — исходный раствор,  $S$  — растворитель,  $E$  — экстракт,  $R$  — рафинат

Потери экстрагируемого вещества с первым, вторым, третьим,  $n$ -ым рафинатом, очевидно, составят

$$\begin{aligned} \varphi_{1,m}^F &= \frac{m}{E+m}, \\ \varphi_{2,m}^F &= \frac{m}{E+m} + \frac{Em}{(E+m)^2}, \\ \varphi_{3,m}^F &= \frac{m}{E+m} + \frac{Em}{(E+m)^2} + \frac{E^2m}{(E+m)^3}, \\ \varphi_{n,m}^F &= \frac{m}{E+m} \left[ 1 + \frac{E}{E+m} + \left( \frac{E}{E+m} \right)^2 + \dots + \right. \\ &\quad \left. + \left( \frac{E}{E+m} \right)^{n-1} \right] = 1 - \left( \frac{E}{E+m} \right)^n. \end{aligned} \quad (6)$$

Содержание экстрагируемого вещества в  $n$ -ом экстракте будет равно

$$\psi_{n,m}^F = \frac{E}{m} \varphi_{n,m}^F = \frac{E}{m} \left[ 1 - \left( \frac{E}{E+m} \right)^n \right]. \quad (7)$$

Выход экстрагируемого вещества в экстракт и потери его со всеми рафинатами соответственно составят

$$\bar{\psi}_{n,m}^F = \frac{\psi_{n,m}^F}{n} = \frac{E}{mn} \left[ 1 - \left( \frac{E}{E+m} \right)^n \right], \quad (8)$$



$$\bar{\varphi}_{n,m}^F = 1 - \bar{\varphi}_{n,m}^F = 1 - \frac{E}{mn} \left[ 1 - \left( \frac{E}{E+m} \right)^n \right]. \quad (9)$$

Поскольку при экстракции с перекрестным током исходного раствора имеем соотношение

$$R = \frac{1}{mn}, \quad (10)$$

уравнение (9) можно записать в виде

$$\bar{\varphi}_{n,R}^F = 1 - ER \left[ 1 - \left( \frac{1}{1 + ERn} \right)^n \right]. \quad (11)$$

При разделении исходного раствора на бесконечно большое число малых порций величина  $\bar{\varphi}_{n,R}^F$  стремится к пределу

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{\varphi}_{n,R}^F = 1 - ER (1 - e^{-1/ER}). \quad (12)$$

В уравнения (1), (5) и (12) входит параметр  $ER$ . Сопоставление этих уравнений при одинаковых значениях  $ER > 1$  показывает, что при заданном расходе растворителя наиболее полное извлечение может быть достигнуто при экстракции с перекрестным током растворителя. Перекрестный ток исходного раствора дает меньшее извлечение, которое, однако, превышает значение  $\Phi$  для однократной экстракции. Сказанное остается в силе и при конечных значениях  $n$ . Таким образом, разделение растворителя на части дает больший эффект, чем разделение на такое же число частей экстрагируемого раствора.

При  $ER = 1$  оба способа экстрагирования дают одинаковые результаты.

При  $ER < 1$  наименьшее значение  $\Phi$  достигается при экстракции с перекрестным током исходного раствора; отсюда следует, что такой способ экстрагирования менее пригоден для целей разделения и очистки веществ, чем однократная экстракция или экстракция с перекрестным током экстрагента.

Однако в некоторых случаях применение экстракции с перекрестным током исходного раствора является оправданным. Экстракция часто применяется не только для очистки и разделения веществ, но и для их концентрирования. При концентрировании относительный расход растворителя невелик, и дальнейшее разделение растворителя на порции технически трудно осуществимо. Для оценки возможного сокращения потерь вещества с рафинатом при переходе от однократной экстракции к экстракции с перекрестным током исходного раствора при одном и том же конечном расходе растворителя рассмотрим отношение

$$\Phi = \frac{\bar{\varphi}_{1,R}^F}{\bar{\varphi}_{n,R}^F} = \frac{1}{(ER+1) \left[ 1 - ER + ER \left( \frac{ERn}{ERn+1} \right)^n \right]}. \quad (13)$$

Записав это уравнение в несколько иной форме

$$\Phi = \frac{1}{1 - \frac{(ER)^2 (ERn+1)^n - (ER)^2 (ERn)^n - ER(ERn)^n}{(ERn+1)^n}}. \quad (14)$$

и разложив выражение  $(ER)^2 (ERn+1)^n$  в биномиальный ряд, можно

показать, что при конечном  $n$  и  $E \rightarrow \infty$  величина  $\Phi$  стремится к предельному значению:

$$\lim_{E \rightarrow \infty} \Phi = \frac{2n}{n+1}. \quad (15)$$

Подставляя в уравнение (13) значение  $\bar{\varphi}_{n,R}^F$  из уравнения (12) и применяя правило Лопиталья, легко показать, что при  $n \rightarrow \infty$  и  $E \rightarrow \infty$  величина  $\Phi$  стремится к 2. Следовательно, потери экстрагируемого вещества при переходе к рассматриваемому способу экстрагирования можно сократить не более чем в 2 раза по сравнению с однократной экстракцией при том же  $R$ . Величина  $\Phi$  монотонно увеличивается по мере увеличения  $E$  и  $n$ . Следует заметить, что сокращение потерь экстрагируемого вещества с рафинатом достигается за счет увеличения количества операций, необходимых для переработки данного количества раствора в экстракторе данной емкости, в  $\frac{1+Rn}{1+R}$  раза.

В частном случае  $m=1$  и  $R = \frac{1}{n}$ , т. е. при замене однократной экстракции при  $O : B = 1 : n$ ,  $n$  ступенями экстракции при  $O : B = 1 : 1$  и перекрестном токе исходного раствора, уравнение (13) видоизменяется:

$$\Phi = \frac{n^2}{(E+n) \left[ n - E + E \left( \frac{E}{E+1} \right)^n \right]}. \quad (16)$$

Уравнение (15) в этом случае остается справедливым, однако при  $E = \text{const}$  величина  $\Phi$  проходит через максимум и затем, при  $n \rightarrow \infty$ , т. е. при бесконечно малом расходе растворителя, стремится к 1. При  $E \rightarrow \infty$  и  $n \rightarrow \infty$  величина  $\Phi$  приобретает неопределенное значение, изменяясь в пределах от 1 до 2 в зависимости от отношения  $E/n$ . Число операций, необходимых для переработки данного количества раствора в реакторе данной емкости, при переходе к такому способу экстрагирования увеличивается в  $\frac{2n}{n+1}$  раза. Значения  $\Phi$  при величинах  $E$  и  $n$ , представляющих практический интерес, приведены в таблице.

Таблица

Значения  $\Phi$  при  $m=1$  и  $R=1/n$ 

$n \backslash E$	0	1	10	100	1000	$\infty$
1	1	1	1	1	1	1
5	1	1,03	1,37	1,61	1,66	1,667
10	1	1,01	1,30	1,69	1,80	1,818
20	1	1,002	1,16	1,65	1,88	1,905
$\infty$	1	1	1	1	1	1+2

Уравнения (3) и (11) можно применять и для расчета потерь вещества с растворителем при реэкстракции, подставляя вместо параметра  $ER$  обратную величину. Уравнение (3) в этом случае следует относить к реэкстракции с перекрестным током реэкстрагирующего раствора, уравнение (11) — к реэкстракции с перекрестным током экстракта.

Таким образом, при  $ER > 1$  (экстракция) и  $1/ER > 1$  (реэкстракция) разделение фазы, первоначально не содержащей распределяющегося вещества, на некоторое число частей дает больший эффект, чем разделение на такое же число частей фазы, содержащей это вещество. При



$ER < 1$  или соответственно  $1/ER < 1$  справедливо обратное заключение. При  $ER = 1$  оба способа экстрагирования равноценны. Разделение любой из фаз на несколько частей повышает эффективность процесса по сравнению с однократным контактированием при том же расходе растворителя. Полученные результаты легко могут быть распространены на случай адсорбции из газа или раствора ограниченным количеством адсорбента.

Необходимо отметить, что при экстракции с перекрестным током исходного раствора увеличивается продолжительность взаимодействия экстрагента с раствором. В ряде случаев это может привести к образованию в системе нежелательных продуктов разложения экстрагента (например, к появлению в трибутилфосфате моно- и дибутилфосфорной кислот).

### Выводы

Рассмотрен процесс экстракции с перекрестным током исходного раствора. Получено уравнение (11), определяющее эффективность экстракции. Показано, что при одинаковых значениях коэффициента распределения и одном и том же расходе растворителя экстракция с перекрестным током исходного раствора обеспечивает более полное выделение экстрагируемого вещества по сравнению с однократной экстракцией. При благоприятных условиях переход к такому способу экстрагирования может снизить потери экстрагируемого вещества в 1,5—2 раза. Снижение потерь происходит за счет увеличения количества операций.

Институт неорганической химии  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
17/X 1959

В. Г. ПЛЮСНИН, В. В. МОЛЧАНОВА,  
И. А. АЛЕКСЕЕВА, Г. А. АЛЕКСЕЕВА

### К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РЕАКЦИИ ДЕЗАЛКИЛИРОВАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРИСТОГО АЛЮМИНИЯ

Под действием  $Al_2Cl_6$  реакцию деметилирования впервые наблюдали Фридель и Крафтс [1]. Впоследствии изучением реакций дезалкилирования занимались многие химики-органики [2—4].

Из литературных данных известно, что на течение реакции дезалкилирования положительно влияют количество вводимого  $Al_2Cl_6$ , время нагревания и повышенная температура. Кроме того, отмечалось [5], что отщепление алкильных групп идет тем легче, чем выше метилирован бензол. Было установлено, что скорость реакции дезалкилирования зависит также от природы алкильных групп [6], причем группы изостроения отщепляются легче, чем нормального строения и, наконец, от положения алкильных групп в ароматическом ядре [7]. До конца 30-х гг. анализ алкилатов проводился химическим путем, что связано с неизбежными потерями, поэтому литературные данные этого периода о составе алкилатов, полученных в результате реакции дезалкилирования, следует признать ориентировочными. Кроме того, реакции проводились при различных, часто несравнимых, условиях, без учета идущих одновременно изомеризационных процессов [8, 9]. Работы последних двух десятилетий в этом направлении показали, что *p*-ксилол в присутствии  $Al_2Cl_6$  изомеризуется быстрее *o*-ксилола [10], причем с повышением температуры различие в этом отношении между *o*- и *m*-ксилолами уменьшается. Процесс изомеризации направляется в сторону образования наиболее устойчивого *m*-ксилола, введение же  $HCl$  оказывает слабое влияние [7].

Недавно японские химики [11] показали, что увеличение молярного отношения ксилол:  $Al_2Cl_6$  с 1 : 0,1 до 1 : 0,5 почти не изменяет состава изомерной смеси ксилолов, но увеличивает выход толуола и триметилбензолов. Повышение температуры также способствует увеличению выхода толуола. При 50° *o*- и *p*-ксилолы изомеризуются исключительно в *m*-ксилол, но с повышением температуры до 150° образуются смеси трех изомерных ксилолов. В отношении способности к изомеризации ксилолы располагаются в ряд:  $p > o > m$ .

С целью выяснения механизма изомеризационных процессов Браун и Джанк [12] подвергали воздействию  $Al_2Br_6$  и  $HBr$  растворы изомерных ксилолов в толуоле при 0° и 25° и также нашли, что *o*- и *p*-ксилолы в этих условиях изомеризуются в *m*-ксилол.

Следует отметить, что понижение давления в системе:  $Al_2Cl_6 +$  ксилолы ведет к снижению скорости реакции диспропорционирования в толуол и соответственно в триметилбензоле [13].

В связи с изучением реакции метилирования ароматических углеводородов (последовательности течения этой реакции [14]) представлялось необходимым изучить отношение гомологов бензола к  $Al_2Cl_6$  при различных температурах с тем, чтобы затем внести соответствующие поправки в данные по реакции метилирования.

С этой целью были поставлены опыты с толуолом, изомерными ксилолами и мезитиленом, причем во всех случаях на моль углеводорода вводилась 0,1 моля  $Al_2Cl_6$ . Реакции протекали при 60° и температурах кипения углеводородов. Анализ состава отдельных фракций алкилатов проводился методом комбинационного рассеяния света.

### Экспериментальная часть

В каждом опыте применялся свежезоженный хлористый алюминий в количестве 0,1 моля на моль углеводорода. Углеводороды (толуол, ксилол, мезитилен) высушивались безводным хлористым кальцием, пе-



регонались над металлическим натрием. По данным спектрального анализа, исходные углеводороды были вполне чистые.

Опыты проводились в стеклянном двухгорлом реакторе емкостью 1 л, снабженном мешалкой, обратным холодильником. Реактор помещался в водяной термостат с температурой  $60^\circ (\pm 0,1^\circ)$ . Конец холодильника закручивался хлоркальциевой трубкой с безводным  $\text{CaCl}_2$ . Мешалка в одну нитку шнекового винта соединялась с пробкой реактора специальной муфтой-сальником и обеспечивала до 2000 об/мин. После окончания реакции деалкилаты разлагались льдом, промывались последовательно разбавленной соляной кислотой, водой, раствором соды и снова водой до нейтральной реакции. Затем деалкилаты высушивались безводным хлористым кальцием и после фильтрования разгонялись на ректификационной колонне в 25 т.т.

Съемки спектров комбинационного рассеивания света производились на стеклянном трехпризмном спектрографе ИСП-51. Промер спектров и определение интенсивностей спектральных линий выполнены соответственно на компараторе ИЗА-2 и микрофотометре МФ-2. Точность определения состава методом комбинационного рассеивания света в данных случаях лежит в пределах  $\pm 1,5\%$ , что установлено на смесях известного состава.

Результаты опытов приведены в табл. 1—10.

### Обсуждение результатов

Опыты показали, что при введении 0,1 моля  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  на моль толуола с нагреванием в течение 1,5 часа при  $60$  и  $110^\circ$  толуол в этих условиях не изменяется.

Таблица 1  
Деметилирование о-ксилола при  $60^\circ$  в присутствии 0,1 моля  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$

Время нагревания, час.	Состав алкилата, вес. %				
	толуол	о-ксилол	м-ксилол	п-ксилол	триметилбензолы
0,5	—	89	11	—	—
1,5	—	81	19	—	—
2,5	1	80	18	—	—
4	2	71	26	—	1
8	3	62	32	—	1
12	4	59	34	—	3
26	5	50	34	следы	3
				5	6

Совершенно другие результаты были получены в опытах с ксилолами. О-ксилол при  $60^\circ$  уже за 0,5 часа изомеризуется в м-ксилол на 11 вес. % (табл. 1). При этом с увеличением времени нагревания прямой пропорциональности не наблюдается. Вместе с процессом изомеризации после 1,5-часового нагревания наступает реакция деметилирования. Выход толуола составляет 5,0 вес. % после 26-часового нагревания при  $60^\circ$ . Характерно, что в начале нагревания в смеси ксилолов п-ксилол отсутствует и только после 26-часового нагревания количество его составляет 5,0 вес. %.

Опыты с м-ксилолом, проведенные в аналогичных условиях, показали, что в течение 12 часов он практически не изомеризуется и подвергается лишь незначительно деметилированию (табл. 2).

Таблица 2  
Деметилирование м-ксилола при  $60^\circ$  в присутствии 0,1 моля  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$

Время нагревания, час.	Состав алкилата, вес. %				
	толуол	о-ксилол	м-ксилол	п-ксилол	триметилбензолы
0,5	—	—	100	—	—
1,5	—	—	100	—	—
2,5	—	—	100	—	—
4	—	—	100	—	—
8	—	—	100	—	—
12	3	—	96	следы	1
26	4	2	77	12	5

Таблица 3  
Деметилирование п-ксилола при  $60^\circ$  в присутствии 0,1 моля  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$

Время нагревания, час.	Состав алкилата, вес. %				
	толуол	о-ксилол	м-ксилол	п-ксилол	триметилбензолы
0,5	3	—	—	89	8
1,5	4	—	—	89	7
2,5	5	—	следы	86	9
4	9	—	—	82	9
8	16,0	—	11	60	14
12	16,0	—	10	61	13
26	18,0	—	10	59	15

В опытах с п-ксилолом (табл. 3) было обнаружено, что он легче, чем м-ксилол и, в особенности, о-ксилол, подвергается деметилированию в толуол. Отличие в поведении п-ксилола от о- и м-ксилолов проявляется еще и в том, что он значительно легче подвергается одновременно дальнейшему метилированию в триметилбензолы.

Такое различное отношение изомерных ксилолов к  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  может быть объяснено, по-видимому, по Г. Г. Густавсону [15—19] и данным других исследователей [10, 20—25].

Представлялось необходимым изучить отношение изомерных ксилолов к  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  при температурах их кипения. В каждом отдельном опыте на моль углеводорода бралась 0,1 моля хлористого алюминия, и смесь нагревалась в течение 1,5, 3 и 6 часов. Сопоставление данных опытов с о-ксилолом (табл. 4) с данными табл. 1 показывает, что появление п-ксилола в ксилольной фракции связано, по-видимому, не с

Таблица 4  
Деметилирование о-ксилола при температуре кипения ( $142^\circ$ )

Время нагревания, час.	Состав алкилата, вес. %				
	толуол	о-ксилол	м-ксилол	п-ксилол	триметилбензолы
1,5	14	19	37	14	16
3	19	13	37	13	18
6	20	14	37	12	17



непосредственной изомеризацией о-ксилола в п-ксилол, а с изомеризацией м-ксилола в п-ксилол. Следовательно, можно предположить, что процесс изомеризации изомерных ксилолов совершается ступенчато: о-ксилол  $\rightleftharpoons$  м-ксилол  $\rightleftharpoons$  п-ксилол; его полной обратимости способствует повышенная температура, при более же низких температурах процесс изомеризации локализуется на образовании бинарных систем.

Превращение м-ксилола в о- и п-ксилолы совершается с заметной скоростью при температуре его кипения (см. табл. 2, 5), причем количество о-изомера несколько ниже, чем п-изомера.

Таблица 5  
Деметилирование м-ксилола при температуре кипения (137°)

Время нагревания, час.	Состав аликвата, вес. %				
	толуол	о-ксилол	м-ксилол	п-ксилол	триметилбензолы
1,5	14	13	42	15	16
3	14	15	42	15	14
6	22	9	35	12	22

Ступенчатый характер изомеризации ксилолов подтверждается также данными опытов, проведенных с п-ксилолом при 60° (см. табл. 3) и при температуре его кипения (см. табл. 6). После 12-часового нагревания при 60° в ксилольной фракции о-ксилол обнаружен не был. По данным спектрального анализа, о-ксилол также отсутствовал в ксилольной фракции и после 1,5-часового кипячения п-ксилола с  $Al_2Cl_6$ .

Таблица 6  
Деметилирование п-ксилола при температуре кипения (137°)

Время нагревания, час.	Состав аликвата, вес. %				
	толуол	о-ксилол	м-ксилол	п-ксилол	триметилбензолы
1,5	15	—	34	34	17
3	15	—	37	32	16
6	26	8	29	13	24

Состав ксилольных фракций, полученных из изомерных ксилолов после 1,5- и 6-часового их кипячения с  $Al_2Cl_6$ , выраженных в % от фракций, представлен в табл. 7.

Таблица 7  
Состав ксилольных фракций, полученных из изомерных ксилолов под действием  $Al_2Cl_6$  при температурах их кипения

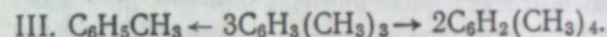
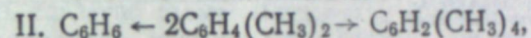
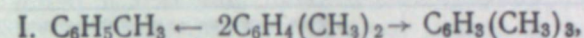
Время нагревания, час.	О-ксилол			М-ксилол			П-ксилол		
	состав ксилольной фракции			состав ксилольной фракции			состав ксилольной фракции		
	о-	м-	п-	о-	м-	п-	о-	м-	п-
1,5	27	53	20	19	59	22	следы	50	50
6,0	22	59	19	16	62,5	21,5	16	58	26

Вопреки указанным выше данным [11, 12], мы нашли, что наиболее легко изомеризуется о-ксилол, за ним следует п-ксилол и наиболее стойким является м-ксилол.

Повторяется та же закономерность в отношении способности к изомеризации изомерных ксилолов, которая была установлена по данным опытов, проведенных при 60°. Однако сравнение поведения м- и п-ксилолов при 60° и температурах кипения показывает, что с повышением температуры различие между ними становится менее резко выраженным. Наиболее легко устанавливается подвижное равновесие между тремя изомерными ксилолами при нагревании м-ксилола, так как изомерные превращения у него протекают двусторонне. Труднее всего подобное равновесие создается при нагревании п-ксилола.

Состав триксилольных фракций после 6-часового нагревания становится для всех трех ксилолов близким, количество м-ксилола приближается к  $2/3$  от общей массы изомерных ксилолов.

Экспериментальные данные позволяют внести известную ясность в вопрос о том, имеется ли соответствие между реакцией деметилирования и реакцией метилирования в высшие гомологи бензола:



На основании опытных данных можно утверждать, что процесс деметилирования изомерных ксилолов в выбранных условиях останавливается на стадии толуола. Таким образом, схема II отпадает. Опыты, проведенные при 60°, показали, что даже в случае п-ксилола высшие гомологи бензола представлены исключительно триметилбензолами, тетраметилбензол дурол был обнаружен в незначительном количестве. Следовательно, при 60° процесс деметилирования — метилирования совершается согласно схеме I.

В опытах же при температуре кипения ксилолов реакции деметилирования — метилирования протекали как по схеме I, так и по схеме III, о чем свидетельствует образование, наряду с толуолом, тетраметилбензолов.

Данные опытов при температурах кипения ксилолов (см. табл. 4, 5, 6) показывают, что, когда процесс деметилирования не заходит далеко и реакция обрывается после сравнительно короткого нагревания, между реакциями метилирования и деметилирования наблюдается соответствие.

По данным опытов, проведенных при 60°, п-ксилол резко отличается от о- и м-ксилолов в отношении деметилирования, при температурах кипения изомерных ксилолов различие между ними становится незначительным.

В связи с принципиальным значением вопроса об ориентациях метилирования, фракции триметилбензолов были подвергнуты спектральному анализу. В этом отношении наиболее ценными следует считать данные опытов, проведенных в «мягких условиях», т. е. при 60°.

Триметилбензольная фракция, полученная из п-ксилола при 60°, состояла из следующих изомеров (табл. 8).

На основании представленных данных видно, что п-ксилол вступал в реакцию метилирования с образованием по преимуществу 1, 2, 4-триметилбензола, но этот пример не дает возможности судить об ориентации третьей метильной группы. Что же касается о- и м-ксилолов, то они дают в тех же условиях только мезитилен.



Таблица 8

Состав триметилбензольных фракций, полученных из п-ксилола при 60° над Al<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>

Продолжительность нагревания, час.	Состав фракции, вес. %		
	1, 2, 3-	1, 2, 4-	1, 3, 5-
1,5	нет	89	11
2,5	.	88	12
4,0	.	84	16
8,0	.	74	26
12,0	следы	75	25
26,0	.	69	31

Таблица 9

Состав триметилбензольных фракций, полученных из изомерных ксилолов при температуре их кипения над Al<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>

Исходные вещества	Продолжительность нагревания, час.	Состав триметилбензольной фракции		
		1,2,3-	1,2,4-	1,3,5-
О-ксилол	3	—	69	31
М-ксилол	3	6	70	24
П-ксилол	3	5	65	30
			63	37

Состав триметилбензольных фракций, как показали опыты при температуре кипения ксилолов, сильно изменяется (табл. 9).

Обращает на себя внимание факт, что триметилбензольные фракции от всех ксилолов после 3-часового нагревания содержат около 2/3 1, 2, 4-триметилбензола и около 1/3 мезитилена, т. е. близки по составу между собой. При дальнейшем нагревании появляется за счет уменьшения количества мезитилена 1, 2, 3-триметилбензол. Следовательно, при повышении температуры ориентирующий эффект метильных групп сильно изменяется, что зависит от большей их подвижности и поэтому более легко протекающей изомеризации.

С целью проверки поведения триметилбензолов в присутствии Al<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub> были поставлены опыты с мезитиленом, в которых на моль мезитилена вносилась 0,1 моля Al<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>. Было установлено, что после 8-часового нагревания при 60° мезитилен остается практически неизменным, т. е.

Таблица 10

Деакилирование мезитилена в течение 1,5 часа при температуре кипения (163°)

Исходное вещество	Состав углеводородной смеси, %							
	толуол	ксилолы			триметилбензолы			тетраметилбензолы
		о-	м-	п-	1, 2, 3-	1, 2, 4-	1, 3, 5-	
Мезитилен		20	56	24	4	64	32	
	3	20			54			23

реагирует на воздействие Al<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub> аналогично м-ксилолу. Совершенно другие результаты были получены в опытах, проведенных при температуре его кипения (табл. 10).

Результаты опытов с мезитиленом подтверждают данные о равновесном состоянии ксилолов при температурах их кипения, а также показывают, что из триметилбензолов при повышенных температурах наиболее стабильным является 1, 2, 4-триметилбензол. Из тетраметилбензольной фракции, в которой спектральным анализом были найдены 1, 2, 3, 4-, 1, 2, 3, 5- и 1, 2, 4, 5-изомеры, был выделен с выходом 23% кристаллический дурол с т. пл. 79—80°.

## Выводы

1. Показано, что стабильность ароматических углеводородов при температурах их кипения в присутствии Al<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub> уменьшается с увеличением числа CH<sub>3</sub>-групп.

2. Показано, что из изомерных ксилолов наиболее легко изомерируется о-ксилол, а п-ксилол наиболее легко деметилируется. По всей вероятности, изомеризационный процесс ксилолов совершается последовательно, согласно схеме: о-ксилол ⇌ м-ксилол ⇌ п-ксилол.

3. Установлено, что при 60° наиболее стабильными являются 1, 3- и 1, 3, 5-триметилбензолы.

4. Установлено, что с повышением температуры различие в поведении изомерных ксилолов уменьшается. При температуре кипения через 6 часов устанавливается равновесие между о-, м-, п-ксилолами, в котором на 60% м-ксилола присутствует 40% о- и п-ксилолов.

Уральский филиал АН СССР

Поступила в редакцию 24/VIII 1959

## ЛИТЕРАТУРА

1. C. Friedel, I. M. Crafts, Ober einige durch Aluminiumchlorid hervorgerufene Umsetzungen. (Chem., Soc., 1, 115, 1882).
2. Ч. Томас, Безводный хлористый алюминий в органической химии. Гл. 16, стр. 712. Изд. И.-Л. М., 1949.
3. И. А. Орлов, П. Г. Вайсфельд, Об обратимости реакции Фриделя и Крафтса. ЖПХ, т. 10, стр. 861 (1937).
4. С. Н. Попов, Каталитический крекинг ксилола от пиролиза нефти. Азерб. нефтяное хоз-во, № 7—8, 121—124 (1934).
5. R. Anschütz, H. Immendorff, Uebertragung der Seitenketten bei mit dem Benzol Homologen Kohlenwasserstoffen mittelst Aluminiumchlorid. Ber., 18, 657 (1885).
6. R. Heise, A. Töhi, Zur Kenntniss der Einwirkung von Aluminiumchlorid auf aromatische Kohlenwasserstoffe, Lieb. Ann., 270, 155 (1892).
7. I. F. Norris, G. T. Vaala, The Rearrangement of the Xylenes by Aluminum chloride. J. Am. Chem. Soc., 61, 2131 (1939).
8. L. I. Smith, Matthew A. Kiess, Polymethylbenzenes. XXIII. The Preparation and Physical Properties of 3- and 5-ethylpseudocumenes and of Ethylmesitylene. J. Am. Chem. Soc., 61, 284 (1939).
9. M. Schlatter, R. Clark, T-alkyl Groups I. Orientation of t-alkylation Products of Toluene and Ethylbenzene. J. Am. Chem. Soc., 75, 361 (1953).
10. I. F. Norris, D. Rubinstein, The Formation of Intermediate Compounds in Hydrocarbon Syntheses by the Friedel and Crafts Reaction and the Preparation of certain Symmetrical Trialkylbenzenes. J. Am. Chem. Soc., 61, 1163 (1939).
11. Акиёси, Кобаяси, Мацуканэ, Изомеризация ксилолов посредством Al<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub> при атмосферном давлении. J. Chem. Soc., Japan. Industr. Chem., Sec., 59, № 1, 28—30 (1956) [РЖХ, 47872 (1957)].
12. H. C. Brown, H. Jungk, The Isomerization of o- and p-Xylenes and Some Related Alkylbenzenes under the Influence of Hydrogen Bromide and Aluminum Bromide; the Relative Isomerization Aptitudes of alkyl Groups. J. Am. Chem. Soc., 77, 5, 5579 (1955).



13. Кобаяси, Акиёси, Изомеризация ксилолов посредством хлористого алюминия при пониженном давлении. *J. Chem. Soc., Japan. Industr. Chem. Sec.*, 59, № 2, 178-179, (1956) [*РЖХ*, 47873 (1957)].
14. В. Г. Плюснин, О закономерностях образования алкилбензолов в процессе алкилирования. Сб. «Химическая переработка нефтяных углеводородов» (Тр. Всес. совещ. по компл. хим. переработке нефт. газов). Изд. АН СССР, М., 1956.
15. Г. Густавсон, Разъяснение причин, почему бромистый алюминий помогает бромированию ароматических углеводородов. *ЖРХО*, т. 10, стр. 296 (1878).
16. Г. Густавсон, О соединениях хлористого алюминия с бензолом и толуолом. *ЖРХО*, т. 10, стр. 390 (1878).
17. Г. Густавсон, О соединениях цинка с хлористым и бромистым алюминием. *ЖРХО*, т. 11, стр. 81 (1879).
18. G. Gustavson, Über die bei Synthesen fermentartig wirkenden Verbindungen des Aluminiumchlorids. *J. pr. Chem. (N. F.)*, 68, 209 (1903).
19. G. Gustavson, Über die bei der Synthese der Benzolhomologen nach Friedel und Crafts entstehenden, Chlorwasserstoff Kohlenwasserstoffe und Aluminiumchloridfermente enthaltenden Verbindungen. *J. pr. Chem. (N. F.)*, 72, 57 (1905).
20. В. В. Неминский, В. А. Плотников, Электролиз соединений бромистого алюминия с толуолом и бензолом. *ЖРХО*, 40, стр. 391 (1908).
21. В. А. Плотников, Н. Н. Грацианский. Соединение бромистого алюминия с бензолом. *ЖОХ*, 9, стр. 1057 (1939).
22. I. F. Norris, I. N. Ingraham, Certain Trialkylated Benzenes and Their Compounds with Aluminum chloride and with Aluminum Bromide. *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1298 (1940).
23. J. F. Norris, J. E. Wood, Intermediate Complexes in the Friedel and Crafts Reaction. *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1428 (1940).
24. В. В. Коршак, Н. Н. Лебедев, С. Д. Федосеев, О механизме реакции Фриделя — Крафта. *В. ЖОХ*, 17, 575 (1947).
25. D. D. Eley, P. I. King, The solubility of the aluminum halides in benzene, *Trans Faraday Soc.*, 47, 1287 (1951).
26. H. C. Brown, H. W. Pearsall, L. P. Eddy, W. J. Wallace, M. Grayson, K. L. Nelson, Friedel — Crafts Alkylation Reaction Catalysts and Complexes. *Ind. Eng. Chem.*, 45, 1462 (1953).

А. В. КАЛАБИНА, Н. А. ТЮКАВКИНА,  
Т. Н. ПИСАРЕВА, В. М. ПЕНСКАЯ

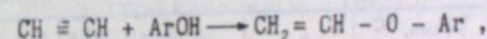
### СИНТЕЗ ВИНИЛОВЫХ ЭФИРОВ НЕКОТОРЫХ АЛКОКСИФЕНОЛОВ

В предыдущих сообщениях [1, 2] были изложены результаты исследования и разделения смеси фенолов смолы полукоксования черемховских углей путем реакции их винилирования и последующей ректификации полученных винилариловых эфиров на индивидуальные компоненты. Для дальнейшего, более полного, исследования названной выше смеси фенолов требуются синтез новых индивидуальных винилариловых эфиров и изучение их свойств в целях сопоставления их с соединениями, выделенными из винилированной смеси фенолов.

Исходя из того, что угли Черемховского месторождения являются молодыми гумусовыми углями [3], в смоле полукоксования их можно предположить присутствие алкоксифенолов аналогично древесным [4] и торфяным [5, 6] смолам.

Данная работа посвящена синтезу и исследованию свойств виниловых эфиров м-, п-метокси-, о-, м-, п-этокси- и м-изопропоксифенолов. Из виниловых эфиров алкоксифенолов в литературе описаны два — винилгваяциловый [7] и виниловый эфир эвгенола [8].

Синтез виниловых эфиров алкоксифенолов осуществлялся по методу А. Е. Фаворского и М. Ф. Шостаковского [9] по уравнению:



где  $\text{Аг} = \text{СН}_3\text{О}-\text{C}_6\text{H}_4-$ ;  $\text{СН}_3\text{О}-\text{C}_6\text{H}_3-$ ;  $\text{С}_2\text{H}_5\text{О}-\text{C}_6\text{H}_4-$ ;  $\text{С}_2\text{H}_5\text{О}-\text{C}_6\text{H}_3-$ ;  $\text{С}_2\text{H}_5\text{О}-\text{C}_6\text{H}_2-$ ;  $(\text{СН}_3)_2\text{СНО}-\text{C}_6\text{H}_4-$ .

Константы полученных нами новых винилариловых эфиров сведены в табл. 1. Из таблицы видно, что местоположение алкоксигруппы в ядре

Таблица 1

Константы полученных виниловых эфиров алкоксифенолов

Виниловый эфир	Т <sub>кип</sub> , °С (P, мм рт. ст.)	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	MR		Эквивалентная	С, %		Н, %	
				найд.	вычисл.		найд.	вычисл.	найд.	вычисл.
М-метоксифенола	88-89(8)	1,5302	1,0500	44,19	42,98	1,21	71,62	71,98	6,37	6,64
П-метоксифенола	83(10)	1,5305	1,0534	43,94	42,98	0,96	71,43	71,98	6,28	6,64
							71,57		6,51	
М-этоксифенола	77(1)	1,5220	1,0203	49,08	47,60	1,48	72,85	73,14	6,99	7,35
П-этоксифенола	103-104	1,5232	1,0429	48,10	47,60	0,50	72,97	73,14	7,14	7,35
	(10)						72,68		7,26	
	219-220									
	(736)									
О-этоксифенола	93(10)	1,5198	1,0306	48,42	47,60	0,82	72,87	73,14	7,06	7,35
М-изопропокси-фенола	71(1)	1,5160	0,9977	53,95	52,22	1,73	73,84	74,13	7,62	7,91



существенно влияет на физические свойства синтезированных виниловых эфиров. Причем, как и следовало ожидать, с увеличением молекулярного веса алкоксильной группы в ядре значительно понижаются удельный вес и показатель преломления синтезированных эфиров. Строение полученных соединений подтверждено спектрами комбинационного рассеяния света (табл. 2)\*.

Литературные данные по методам синтеза, выходы и константы полученных нами исходных фенолов приведены в табл. 3.

Таблица 2  
Комбинационные частоты некоторых виниларилловых эфиров

Виниловый эфир о-метоксифенола				Виниловый эфир м-метоксифенола				Виниловый эфир о-этоксифенола				Виниловый эфир п-этоксифенола			
$\Delta\nu$ , $\text{см}^{-1}$	I	$\Delta\nu$ , $\text{см}^{-1}$	I	$\Delta\nu$ , $\text{см}^{-1}$	I	$\Delta\nu$ , $\text{см}^{-1}$	I	$\Delta\nu$ , $\text{см}^{-1}$	I	$\Delta\nu$ , $\text{см}^{-1}$	I	$\Delta\nu$ , $\text{см}^{-1}$	I	$\Delta\nu$ , $\text{см}^{-1}$	I
303	0	1027	0	335	0	1031	0	256	1	1034	7ш	138	2	846	0
377	0,5	1040	6	379	0	1076	3	369	1	1097	3	170	0	923	1
458	1	1152	5	414	0	1152	0	417	1	1152	7	300	0	960	1
488	0	1210	0	457	0	1221	0	458	1	1180	1	32+	0	1153	1
515	1	1257	8	584	0	1267	2	514	0	1251	2	379	0	1118	1
571	0	1308	8	629	0	1284	3	583	1	1303	4ш	399	1	1164	1
718	4	1453	2	715	0	1309	5	669	0	1346	1	605	0	1254	5
742	3	1500	1	752	0	1333	1	724	0	1436	2	647	2	1308	6ш
767	3	1538	1	800	0	1378	1	783	3	1460	3	711	2	1591	2
957	0	1595	9ш	851	1	1453	1	864	2	1530	0	795	0	1607	2
994	0,5	1641	10	886	1	1546	0	916	1	1590	10	816	8р	1643	10р
				923	3	1592	3	949	0	1641	8				
				986	10	1603	3	997	3						

Примечание. ш — широкая линия, р — резкая линия.

Таблица 3  
Условия синтеза и выходы исходных алкоксифенолов

Название фенола	$T_{\text{кип}}$ , °C ( $P$ , мм рт. ст.)	$T_{\text{пл}}$	$n_D^{20}$	Выход, вес. %	Ссылки на литературу и примечания
М-метоксифенол	136 (14) 144 (25)	—	1,5503	60,0	[10], [11]
П-метоксифенол	131—132 (10)	70	—	83,0	Получали бромированием анизолы и замещением брома на гидроксил
М-этоксифенол	135—137 (9) 246—247 (728)	—	1,5386	68,0	[10], [11]
О-этоксифенол	214—216 (726)	28	1,5375	40,5	[12]
П-этоксифенол	136—137 (11)	67	—	87,0	Получали бромированием фенола и замещением брома на гидроксил
М-изопропоксифенол	156—157 (10)	—	1,5285	10—12	[10], [11]

\* Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам Восточно-Сибирского филиала СО АН СССР Н. И. Шергиной и В. П. Кузнецовой, а также преподавателю Иркутского университета Э. С. Вилутису за проделанную работу по снятию спектров комбинационного рассеяния.

Таблица 4  
Условия синтеза и выходы виниловых эфиров алкоксифенолов

Название фенола	Фенол	КОН	H <sub>2</sub> O	Фенол	КОН	H <sub>2</sub> O	Начальное давление ацетилена, атм, при T, °C	Температура реакции винилирования, °C	Выход эфиров, %
	в г-молях			в вес. %					
М-метоксифенол	0,1	0,05	0,58	100	20	70	13(12)	185—190	54,2
П-метоксифенол	0,2	0,06	0,58	100	12	32	14(13)	200—205	60,8
М-этоксифенол	0,1	0,06	0,64	100	20	70	14(15)	205—210	57,0
П-этоксифенол	0,2	0,07	0,56	100	12	32	12(13)	185—190	62,5
О-этоксифенол	0,2	0,09	1,40	100	15	80	12(13)	190—200	48,2
М-изопропоксифенол	0,1	0,06	0,64	100	20	70	16(18)	205—210	42,7

Методика синтеза виниловых эфиров фенолов следующая. В стальной вращающийся автоклав емкостью 1 л загружались соответствующий фенол, катализатор КОН и вода. В автоклав вводился ацетилен под давлением 12—14 атм. Содержимое автоклава нагревалось в течение часа при температуре поглощения ацетилена. Полученный продукт экстрагировался в делительной воронке этиловым эфиром. Экстракт промывался 10% раствором NaOH, водой и сушился над прокаленным поташом, а затем над металлическим натрием. После удаления растворителя виниловый эфир перегонялся в вакууме. Условия синтеза, количественные соотношения катализатора и воды, начальное давление ацетилена и температура его поглощения приведены в табл. 4. Константы синтезированных виниловых эфиров приведены в табл. 1.

## Выводы

Прямым винилированием алкоксизамещенных фенолов синтезируются не описанные в литературе виниловые эфиры м-, п-метокси-, м-, п-, о-этокси- и м-изопропоксифенолов.

Иркутский государственный университет

Поступила в редакцию 16/X 1959

## ЛИТЕРАТУРА

- А. В. Калабина, Г. Г. Чистякова, Изучение химического состава смеси фенолов смолы полукоксирования черемховских углей методом винилирования и ректификации. Изв. физ.-хим. НИИ при Иркутском ун-те, т. 4, вып. 2, 1959.
- А. В. Калабина, Г. Г. Чистякова, В. М. Караваева, О. Ф. Шепетько, А. С. Нахманович, Получение виниловых эфиров фенолов смолы полукоксирования черемховских углей. Изв. физ.-хим. НИИ при Иркутском ун-те, т. 4, вып. 2, 1959.
- В. А. Ларина, А. Г. Березина, Исследование химической природы спекающихся углей Иркутского бассейна. Изв. физ.-хим. НИИ при Иркутском ун-те, т. 3, вып. 1, 1953.
- Д. Тищенко, Л. Филиппов, Выделение гваякола из креозотной фракции лесохимических фенолов. Техн. информ. по итогам н.-и. работ, № 7, 1954.
- E. Börnstein, F. Bernstein, Die Phenole des Torfkoksteers, Zeitschrift f. angew. Chemie, Bd. 24, № 1, 1914.
- А. С. Броун, Т. В. Сукачева, Исследование кислых частей торфяной смолы. Химия твердого топлива, т. 7, вып. 4, 1936.



7. М. Ф. Шостаковский, В. П. Шишков, М. Г. Зеленская, Синтез винилового эфира гваякола и исследование его свойств. ЖПХ, т. 24, вып. 11, 1951.
8. A. Wohl, E. Berthold, Über die Darstellung der aromatischen Alkohole und ihrer Acetate. Ber., Bd. 43, S. 2175, 1910.
9. А. Е. Фаворский, М. Ф. Шостаковский, Сов. авт. свид. 59308, 1941.
10. E. Klarman, L. Gatvas, V. Shternov, The Monoethers of resorcinol. J. Am. Chem. Soc., vol. 53, № 12, 1931.
11. E. Klarman, L. Gatvas, V. Shternov, The Monoethers of hydroquinone. J. Am. Chem. Soc., vol. 54, № 1, 1932.
12. Ам. патент 1 883 952, сентябрь, 1931, 1 888 827, октябрь, 1932.

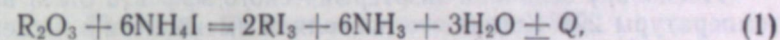
В. К. ВАЛЬЦЕВ, Л. К. СОЛОВЬЕВ

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
В ПРОЦЕССЕ РАСТВОРЕНИЯ В ВОДЕ  
ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИХ ОКИСЛОВ  
С ЙОДИСТЫМ АММОНИЕМ**

Галоидные соли аммония давно известны своей способностью вступать во взаимодействие с окислами редкоземельных элементов. Рид и Гопкинс [1], например, разработали метод получения безводных хлоридов редкоземельных элементов действием на окислы этих элементов хлористого аммония. Тайбель и Гопкинс [2] для получения йодидов церрия, лантана, празеодима, неодима, самария из окислов этих элементов в качестве йодирующего агента применили йодистый аммоний.

В таких процессах обычно получают соли редкоземельных элементов, растворимые в водном растворе. Поэтому изучение распределения продуктов взаимодействия окислов редкоземельных элементов с йодистым аммонием между водным раствором и осадком позволит оценить возможность применения метода к разделению редкоземельных элементов.

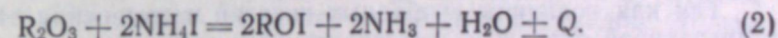
Если не принимать во внимание промежуточных ступеней, реакция йодирования окислов редких земель йодистым аммонием протекает по следующей схеме:



где  $R$  — редкоземельный элемент,

$Q$  — тепловой эффект реакции, ккал/моль.

В процессе, вероятно, имеет место также реакция образования оксийодидов:



Полнота прохождения любой реакции определяется убылью свободной энергии, по величине которой затем вычисляется константа равновесия. Убыль свободной энергии и изменение этой величины с температурой могут быть вычислены из значений теплоемкостей и энтропий соединений элементов, участвующих в реакциях (1) и (2). Значения теплоемкостей для окислов, йодидов и оксийодидов лантанидов отсутствуют не только в справочной, но и специальной литературе.

Без больших погрешностей полноту прохождения реакции качественно можно оценить по тепловому эффекту реакции  $Q$ , который может быть вычислен из данных теплот образования соединений как участвующих в реакции, так и получающихся в результате прохождения реакции. Значения теплот образования окислов и йодидов редких земель получены нами из справочной литературы. За последние годы эти данные пополнились благодаря работам Стаблфильда [3—4] и Хьюбера [5—7].



Рассчитанные тепловые эффекты для реакции (1) следующие:

Лантан . . . . .	+141,49
Празеодим . . . . .	+132,34
Неодим . . . . .	+135,87
Самарий . . . . .	+142,49
Иттрий . . . . .	+173,89
Диспрозий . . . . .	+176,18
Эрбий . . . . .	+191,88

Отсутствие в литературе данных по теплотам образования оксидов не позволило провести аналогичный расчет для реакции (2).

На основании приведенных выше данных для реакции (1) можно сделать следующие выводы. Несмотря на известную близость химических свойств лантанидов, между значениями их тепловых эффектов имеется определенное различие. Различие для каждой пары лантанидов, стоящих друг за другом в ряду семейства, выражается небольшим числом, но оно возрастает для элементов, располагающихся в ряду семейства на некотором удалении относительно друг друга. Наблюдается некоторая периодичность изменения тепловых эффектов по мере увеличения атомного номера лантанидов: по направлению к празеодиму  $Q$  уменьшается, а затем растет по мере приближения к эрбию.

На основании рассчитанных данных можно высказать некоторые соображения по поводу разделения и очистки редкоземельных концентратов. Например, самариевый концентрат (основа самарий) может быть очищен до какой-то степени от эрбия, диспрозия, иттрия, очистка же самария от европия и гадолиния будет, вероятно, затруднительна.

#### Экспериментальная часть

Поскольку величина экзотермического эффекта была вычислена для температуры  $298^\circ\text{K}$  (как это позволяли имеющиеся в нашем распоряжении данные), неясным остается вопрос относительно изменений этих значений с температурой. При сравнительно умеренных температурах порядка  $400\text{--}500^\circ\text{C}$  соотношения между тепловыми эффектами вряд ли существенно изменяются, поэтому изложенные выше выводы остаются также справедливыми для температур  $400\text{--}500^\circ\text{C}$ .

Так как величины свободных энергий и изменения этих величин с температурой оказались невычисленными, невозможно указать температуру процесса, при которой константа равновесия реакции (1) оказалась бы равной такому значению, при котором основной компонент в смеси, например самарий, мог быть подвергнут лишь незначительному изменению по сравнению с такими элементами, как эрбий, диспрозий и иттрий. При выборе максимальной температуры процесса должны быть учтены следующие условия. При этой температуре йодиды и оксиды должны желательно получать в нормальной характерной для них трехвалентной форме; исходные и конечные продукты реакции редких земель должны находиться в твердом состоянии.

Из этих соображений максимальная температура процесса была установлена  $400^\circ\text{C}$ .

Как следует из правила Брауна-Шателье, чрезмерное увеличение температуры нежелательно, так как сдвигает равновесие реакции (1) влево. В ту же сторону сдвигается равновесие этой реакции при повышении давления в системе. С этой точки зрения весьма выгодно проводить процесс при пониженном давлении.

#### Описание аппаратуры

Йодирование оксидов редкоземельных элементов проводилось в кварцевой аппаратуре, показанной на рис. 1. Испаритель 1 помещался в тигельную печь 2 с нихромовым закрытым нагревателем. Ловушка 3 соединялась с испарителем горизонтальным трубчатым газопроводом 4, который имел козырек 5. Газопровод обогревался трубчатой печью 6. Некоторые опыты проводились в аппаратуре, в которой газопровод занимал вертикальное положение.

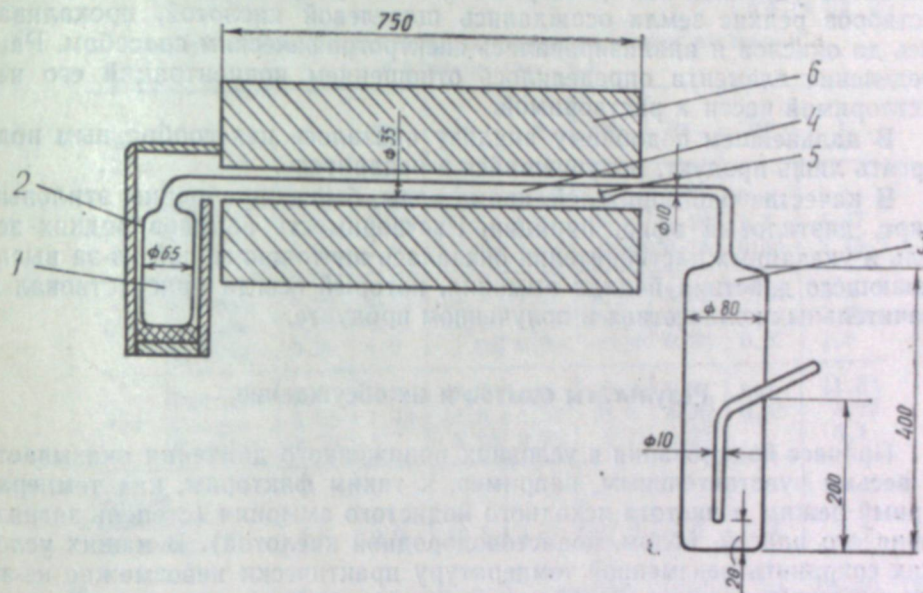


Рис. 1. Аппаратурное оформление процесса йодирования.

#### Проведение опытов

Исследовались две редкоземельных смеси оксидов, в основе содержащих самарий. Первая смесь содержала 37% самария, 15% иттрия, 25% гадолиния и 23% других элементов семейства лантанидов. Вторая смесь (состав ее приведен в табл. 2) отличалась от первой повышенным содержанием самария и пониженным содержанием иттрия. Материалы перед опытом переосаждались, прокаливались в виде оксалатов при  $900^\circ$  в течение 2 час. Йодистый аммоний синтезировался из аммиака и йодистоводородной кислоты и кристаллизовался из растворов при выпаривании. Полученный продукт перед опытом высушивался.

Первоначально около 600 г йодида аммония загружалось в испаритель 1 емкостью более  $500\text{ см}^3$ . На загруженный продукт сверху помещалась смесь оксидов редких земель и йодистого аммония, составленная из 5 г оксидов, 50 г йода; затем производился монтаж кварцевой аппаратуры и проверялась ее герметичность.

Поскольку процессы проводились при пониженном давлении, предпринимались меры предосторожности на случай возможного выброса продукта в ловушку. Для этого в трубопроводах устраивались козырьки и спиралеобразные сосочки. Наиболее эффективной мерой оказалось помещение газопровода в вертикальное положение.

Температура в испарителе в течение сравнительно короткого времени (около 20 мин.) поднималась до  $280\text{--}290^\circ\text{C}$ , а затем око-



ло часа с 290° до 390—400° С. Через 15 мин. после достижения этого температурного уровня опыт прекращался, печи выключались, аппаратура охлаждалась под непрерывной откачкой форвакуумного насоса.

По окончании реакции основная масса редких земель оказывалась в испарителе, некоторая часть в ловушке и реакторе — горизонтальном газопроводе. Продукты из испарителя и реактора извлекались и растворялись в воде. Нерастворимая часть отфильтровывалась и растворялась в разбавленной азотной кислоте. При растворении в азотной кислоте редкие земли переходили в раствор, а в осадок выпадал йод, который затем удалялся как фильтрацией, так и упариванием раствора. Из растворов редкие земли осаждались щавелевой кислотой, прокаливались до окислов и анализировались спектрографическим способом. Распределение элемента определялось отношением концентраций его нерастворимой части  $x$  растворимой.

В дальнейшем подобному анализу оказалось целесообразным подвергать лишь продукт, получившийся в испарителе.

В качестве растворителей, кроме воды, были опробованы этиловый спирт, диэтиловый эфир, пиридин. Растворимость йодидов редких земель в указанных растворителях оказалась ничтожно малой из-за высаливающего действия йодида аммония, который всегда присутствовал в значительных количествах в полученном продукте.

#### Результаты опытов и их обсуждение

Процесс йодирования в условиях пониженного давления оказывается весьма чувствительным, например, к таким факторам, как температурный режим и чистота исходного йодистого аммония (степень загрязнения его влагой, йодом, йодистоводородной кислотой). В наших условиях сохранить неизменной температуру практически невозможно из-за ручного регулирования мощности нагревателя и отсутствия всякой автоматизации программного нагревания.

Результаты распределения лантанидов между осадком и раствором при растворении в воде продуктов взаимодействия их окислов с йодистым аммонием показывают (табл. 1), что при соблюдении по возможности всех параметров постоянными можно достигнуть определенной стабильности результатов.

Таблица 1

Распределение редкоземельных элементов между раствором и осадком (вес. %)

$\frac{C_p}{C_o}$		Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Y
0,2	Раствор	4,3	1,12	48,7	0,93	24,8	0,3	1,8	0,146	2,68	15,6
	Осадок	3,86	1,15	35,1	0,84	24,9	1,02	5,4	0,41	9,84	17,6
	К разд.	1,10	0,98	1,4	1,1	1,0	0,3	0,33	0,36	0,27	0,89
0,4	Раствор	4,45	1,65	44,5	0,76	25,8	0,3	1,97	0,15	3,1	14,7
	Осадок	4,03	1,16	37,6	0,74	24,8	0,87	6,00	0,49	9,4	17,8
	К разд.	1,1	1,4	1,2	1,02	1,04	0,35	0,33	0,3	0,33	0,83
0,5	Раствор	4,32	1,2	45,0	0,85	27,0	0,54	2,6	0,135	3,6	14,0
	Осадок	3,17	1,1	35,8	0,82	23,6	0,79	6,17	0,41	11,1	16,1
	К разд.	1,35	1,1	1,25	1,03	1,15	0,69	0,42	0,33	0,32	0,87
0,55	Раствор	4,45	1,18	45,4	0,84	29,5	0,3	2,24	0,16	3,1	13,3
	Осадок	4,2	1,2	32,4	0,83	23,6	0,79	5,9	0,45	10,3	20,1
	К разд.	1,06	0,99	1,4	1,1	1,25	0,38	0,38	0,36	0,3	0,66

Распределение лантанидов изучалось в зависимости от состава самариевого концентрата, а также степени йодирования окислов йодистым аммонием. Последняя величина измерялась отношением весовых количеств окислов лантанидов в растворе ( $C_p$ ) и в осадке ( $C_o$ ).

На примере опытов с первым концентратом (см. данные табл. 1) видно, что элементы цериевой группы ведут себя иначе, чем элементы иттриевой группы. Коэффициенты разделения элементов цериевой группы и гадолиния больше 1 — это означает, что цериевая группа концентрируется в растворе. Элементы иттриевой группы ( $K_{разд} = 0,3 \div 0,9$ ) концентрируются в осадке.

Таблица 2

Распределение редкоземельных элементов между раствором и осадком (вес. %)

$\frac{C_p}{C_o}$		Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Y
0,27	Раствор	4,92	3,35	55,0	1,12	22,6	2,52	0,45	8,11
	Осадок	4,64	0,83	51,6	1,34	26,8	7,48	1,3	1,77
	К разд.	1,06	4,0	1,06	0,83	0,85	0,34	0,35	2,15
0,41	Раствор	4,64	2,86	53,9	1,27	25,3	3,02	0,56	5,5
	Осадок	4,89	0,71	50,9	1,37	26,5	8,4	1,5	3,72
	К разд.	0,95	4,0	1,06	0,93	0,95	0,36	0,37	1,5
1,0	Раствор	4,6	5,3	48,3	1,2	22,2	0,97	нет	11,6
	Осадок	5,85	1,43	51,0	1,58	28,5	4,25	0,45	3,72
	К разд.	0,79	3,7	0,95	0,76	0,78	0,23		3,1
Состав исходного концентрата		4,8	2,2	49,5	1,2	27,2	4,9	0,8	7,4

В процессе опытов со второй смесью (табл. 2) было установлено, что распределение самария между раствором и осадком оказывается одинаковым, т. е. дальнейшего обогащения пробы самарием не происходит. Пониженное содержание иттрия, вероятно, влияет на его поведение, вследствие чего иттрий начинает концентрироваться в растворе. Необычное поведение самария и иттрия в процессе йодирования второй смеси можно объяснить изменением соотношения весовых количеств самария и иттрия.

Следует также отметить, что степень йодирования существенно не влияет на поведение самария, гадолиния и иттрия.

#### Выводы

1. Концентрирование самария в процессе растворения продуктов взаимодействия окислов с йодистым аммонием происходит с 37 до 56%.
2. Метод может быть использован для тонкой очистки самария от тербия, диспрозия, гольмия, эрбия.

Институт неорганической химии  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
26/VII 1959

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Reed, Hopkins. J. Amer. Chem. Soc., 57, 1159 (1935).
2. Taebel, Hopkins. L. anorg. allg. Chem., 235, 62 (1938).
3. Stubblefield. J. Amer. Chem. Soc., 78, № 13, 3018—3020 (1956).



4. Stubblefield. J. Amer. Chem. Soc., 78, № 16, 3877—3879 (1956).
5. Hyber. J. Phys. Chem., 60, № 11, 1582 (1956).
6. Hyber. J. Phys. Chem. 60, № 10, 1457 (1956).
7. Hyber. J. Amer. Chem. Soc., 77, № 24, 6493 (1955).

И. П. ЩЕРБАКОВ

### ОБ ИЗУЧЕНИИ ЗИМНЕГО ПОКОЯ У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Древесные и кустарниковые растения ежегодно переживают стадию зимнего покоя, подготавливаясь к нему задолго до наступления заморозков; во второй половине лета, когда прекращается прирост, отросшие части стебля и веточек начинают древеснеть и покрываются более плотной защитной тканью.

С наступлением переломного момента в погоде, а затем и при первых заморозках в растениях происходят более глубокие, но менее заметные и потому труднее наблюдаемые изменения. Протоплазма клеток теряет часть воды, становится более плотной, особенно в своем поверхностном слое, резко уменьшается ее проницаемость для растворов, меняется характер плазмолиза — последний становится выпуклым. П. А. Генкель и Е. З. Окнина [1] установили, что в состоянии зимнего покоя протоплазма соседних клеток у древесных растений теряет связь через плазмодесмы (обособляется). Происходят и другие изменения в клетках и тканях растений, облегчающие растениям перенесение длительных холодов. В веточках и почках, например, запасное питательное вещество — крахмал — переходит в сахара, а также в более сложные соединения — масла и другие, благодаря чему повышается устойчивость клетки к замерзанию.

Весной в организме растений происходят обратные изменения: в клетках веточек и почек снова появляется крахмал, количество масел и сахаров сокращается, связь клеток через плазмодесмы восстанавливается, усиливаются физиологические процессы.

Стадию зимнего покоя древесных растений делят на три периода: предварительный, глубокий и вынужденный покой [2 и др.].

Период предварительного покоя приходится на осень, до наступления устойчивых холодов. В это время происходит подготовка клеток в почках и веточках к зимнему покою. У некоторых древесных пород в этом периоде веточки и почки еще можно пробудить, опустив их на время в теплую воду или обработав парами эфира, после чего почки сравнительно быстро набухают и распускаются.

В природе также известны случаи вторичного развития почек в случае затяжной теплой осени, особенно у растений южного происхождения.

В период глубокого покоя деревья и кустарники вступают тогда, когда все процессы перехода к зимнему состоянию в клетках и тканях закончены; этот период падает на начало и самое холодное время зимы. Существенным признаком периода глубокого покоя следует считать такое состояние растения, когда веточки и почки не могут быть искусственно пробуждены или это удастся сделать с большим трудом. Судя по этому признаку, не все древесные и кустарниковые растения имеют период такого истинного глубокого покоя, а у растений, имеющих его, продол-



жительность периода и степень необходимого охлаждения различны. Установлено, что растения, находящиеся в состоянии глубокого покоя, способны переносить без вреда для себя самые низкие температуры, какие вообще способны переносить растения этого вида.

В период вынужденного покоя растения вступают после того, как они прошли период глубокого покоя и получили достаточное количество холода. Такие растения могли бы тронуться в рост, если бы им были предоставлены необходимые условия — тепло, влага и свет, и вынуждены находиться в покое только потому, что этих условий еще нет. Этот период приходится обычно на вторую половину зимы.

Основным фактором среды, регулирующим покой, по мнению большинства исследователей, являются температуры воздуха. Глубина покоя, если следить за ней по прорастанию веточек в теплом помещении (см. ниже), следует за нарастанием отрицательных температур и быстро снижается после того, как температуры воздуха переходят через годовое минимум (см. рис. 1). В качестве второго фактора, управляющего вхождением в зимний покой и влияющего на зимостойкость, обычно рассматривается световой режим (Б. С. Мошков, 1935, и др.). Однако его влияние в этом отношении, особенно на древесные растения, нуждается в дальнейшем изучении, хотя можно считать доказанным, что уменьшение светового дня вызывает приостановку роста, накопление запасных питательных веществ, уплотнение покровных тканей и увеличение зимостойкости. Наоборот, удлинение светового дня искусственным освещением стимулирует продолжение роста и снижение зимостойкости.

Механизм влияния отрицательных температур на состояние тканей в почках и веточках растений также еще недостаточно изучен. Имеются данные [3 и др.], говорящие в пользу предположения, что состояние зимнего покоя под влиянием отрицательных температур регулируется соотношением ростовых веществ (ауксинов, биотина и пр.) и веществ — тормозителей роста (кумарин, гидразид малеиновой кислоты и др.) в меристематической ткани почек и, может быть, ветвей. В современном немецком учебнике ботаники [4] это положение приведено как основное в отношении зимнего покоя.

Согласно такому предположению, в конце лета в растениях накапливаются вещества-тормозители, приводящие к прекращению роста и переходу протоплазмы в состояние покоя. Зимнее охлаждение приводит к уменьшению количества или исчезновению веществ-тормозителей и к появлению или увеличению количества ростовых веществ, в результате действия которых возрастает проницаемость протоплазмы, усиливаются процессы дыхания и покой растительных клеток снимается. Ростовые вещества и вещества-тормозители действуют, присутствуя в тканях в чрезвычайно малых количествах (например, действие биотина сказывается уже при концентрации 1 : 400 000 000).

Отдельные части и органы растения переживают состояние покоя по-разному. Первыми входят в покой и выходят из него почки, вызывая затем выход из покоя ветвей и стебля. Наблюдается ли покой у корней древесных растений и как он протекает — пока не установлено. Рост корней происходит до охлаждения и замерзания почвы и начинается сразу после оттаивания; поэтому большинство исследователей считает, что покой у корней отсутствует или относительно слаб.

Значение состояния зимнего покоя не полностью выяснено. Можно сказать только, что оно недооценивалось и лишь недавно стало привлекать внимание большого круга исследователей.

Растительный мир нашей страны очень разнообразен. Растения субтропиков, южных районов, средней полосы и севера в ходе эволюционно-

го развития\* выработали большое разнообразие особенностей в прохождении зимнего покоя. Южные растения или не имеют покоя (иногда в неблагоприятные периоды их рост задерживается) или входят в него при сравнительно высоких температурах. Так, у персиковых деревьев период покоя начинается при температуре 9—10° тепла. Продолжительность состояния покоя у персиковых и охлаждение, необходимое при этом, невелики. Также относительно невелики и те крайние температуры, которые могут переносить персиковые деревья.

Растения северных районов, например сосна и береза, геологически длительное время формировавшиеся в условиях продолжительных суровых зим, вступают в состояние покоя при более низких температурах (0—3° С), находятся в этом состоянии длительное время, из которого на период глубокого покоя падает 5—6 месяцев. Эти растения способны переносить наиболее низкие температуры, наблюдающиеся в северном полушарии.

Между этими двумя крайними примерами имеется большой ряд растений, занимающих промежуточное положение.

Состояние зимнего покоя у древесных растений средних и северных широт, очевидно, не только обеспечивает переживание неблагоприятного периода, но является необходимым для нормального развития и роста растения в вегетационный период. Опыты, проведенные рядом исследователей и нами, убеждают в этом.

В наших опытах (см. ниже) деревья, выкопанные в лесу до наступления холодов и содержащиеся в тепле при наличии влаги и света, были лишены главного условия зимнего покоя — охлаждения. Такие деревья оказались неспособными к нормальному развитию в следующий вегетационный сезон. Они давали недружное развитие почек, ненормальные листья и цветы. Некоторые из них погибли, другие продолжали рост, но проявляли видимые признаки повреждения.

Из этого краткого обзора некоторых основных положений о зимнем покое у древесных растений видно, какое большое значение имеет всестороннее изучение состояния растений зимой, физиологических и биохимических процессов, происходящих в них. Без знания этих процессов и без их учета невозможно полностью понять и оценить процессы роста и развития растений, происходящие в теплое время года.

Длительный опыт садоводства, лесоводства, акклиматизации растений и селекционной работы с ними также дает убедительные примеры того, что для достижения наилучших результатов в работе с древесными растениями необходимо хорошо знать их свойства при прохождении зимнего покоя. Можно привести примеры, подтверждающие это.

Выше уже говорилось, что разным древесным породам свойственны различные продолжительность и глубина покоя. Разница эта может быть очень значительной. Так, сосна под Якутском находится в состоянии глубокого покоя с октября до марта, т. е. в течение 5—5½ зимних месяцев (по нашим наблюдениям), а липа под Москвой только в ноябре и декабре, т. е. в течение двух месяцев зимы [6].

После прохождения периода глубокого покоя у липы под Москвой могло бы в январе — феврале начаться набухание почек и распускание листьев, если бы для этого были тепло и влага. Действительно, при значительных оттепелях во второй половине зимы неоднократно наблюдалось набухание листовых и цветочных почек у некоторых пород, например у яблонь, и это приводило при наступлении похолодания к гибели

\* Об эволюционном приспособлении к стадии зимнего покоя говорит, например, Т. П. Петровская [5].



деревьев. Такие древесные породы при попытках их разведения в северных районах могут страдать именно потому, что у них недостаточна продолжительность глубокого покоя, в течение которого оттепели не вызывают никаких процессов роста. Опыты показывают, что яблоня в состоянии глубокого покоя переносит замораживание до  $-45^{\circ}$  [7]. Если бы она имела достаточную продолжительность этого покоя, то могла бы разводиться на гораздо большей территории в Европейской части Союза и Сибири, чем в настоящее время.

Пример, показывающий необходимость учета установленного в процессе эволюции соотношения стадии зимнего покоя и летней деятельности у растений, приводит П. Коломиец [8]: «Время наступления, а также и время выхода из состояния зимнего покоя, оказывается часто решающим в распространении видов и сортов растений. Замечательный в этом отношении пример И. В. Мичурина с диким абрикосом (*Prunus sibirica* L.). Дикий абрикос, растущий на склонах гор близ гор. Нерчинска в Восточной Сибири выдерживает там морозы до  $-55^{\circ}$ . В средней полосе России семена его вымерзают сплошь. Причиной этого является слишком длинный летний период у нас по сравнению с летним коротким периодом в Нерчинске. У нас в конце лета семена нерчинского абрикоса трогаются в рост вторично. Древесина пророста не успевает вызреть и убивается морозом» (стр. 5).

Еще один пример. Садоводы на юге России в конце теплых зим издавна применяли опрыскивание плодовых деревьев эмульсиями минеральных масел в воде, получая при этом несколько задержанное, но дружное цветение и удовлетворительный или хороший урожай. Не обработанные таким образом деревья давали раннее, недружное цветение с большим количеством пустоцвета и отмерших завязей.

Сущность такой обработки становится понятной на основе знаний, накопленных о зимнем покое. Не получившие достаточного охлаждения почки и веточки дают недружное и ненормальное болезненное развитие. Опрыскивание эмульсией создает масляную пленку на почках и веточках, сокращает доступ кислорода к тканям, создает условия для анаэробного дыхания, продукты которого вызывают удлинение покоя.

Нужно сказать, что мы еще относительно мало знаем о том, как протекает зимний покой у наших древесных растений. Например, имеются лишь отрывочные сведения о календарных сроках наступления зимнего покоя у отдельных древесных пород, о продолжительности его, требуемой степени охлаждения, о минимальных температурах, какие могут перенести деревья и кустарники в состоянии зимнего покоя. Можно предполагать, что у каждой древесной породы с большим ареалом, в отдельных частях ареала со значительно различающимся климатом различно и прохождение зимнего покоя. К таким породам относятся сосна обыкновенная, береза пушистая, лиственница сибирская и даурская, шиповник иглистый, спирея средняя и многие другие растения, произрастающие в северной и южной частях таежной зоны, на ее крайнем западе и востоке.

Изучение зимнего покоя у южных растений при их разведении или естественном расселении в северных районах представляет особый интерес, теоретический и практический. Для суждения о возможности акклиматизации растения в местности с более суровым климатом, чем его родина, очевидно, нужно знать, когда проходит у этого растения покой, совпадает ли этот срок с периодом наибольших холодов в новом месте и, наконец, способно ли растение, находясь в состоянии зимнего покоя, переносить наибольшие морозы, наблюдающиеся в новой местности. При-

веденный выше пример с неудачей по акклиматизации абрикоса показывает, насколько это важно.

О состоянии клеток и тканей во время зимнего покоя, о физиологических и биохимических процессах, происходящих в них, имеется уже довольно обширная литература (см., например, список литературы в работе И. М. Васильева [9]). Но в этой области есть еще много нерешенных вопросов. Так, нам представляется весьма важным дальнейшее детальное изучение синтеза, передвижения, качественных и количественных изменений ростовых веществ и веществ-тормозителей в растениях. Следует ожидать много нового от изучения физико-химического состояния протоплазмы, особенно в моменты перехода к зимнему покою и выхода из него. Недостаточно выяснен механизм регулирования состояния запасных питательных веществ и их изменений. До настоящего времени продолжают поиски достаточно простого и надежного способа определения — жива или мертва растительная клетка [10]. Изучение этих вопросов требует глубокого знания физиологии и биохимии растений, точных современных методов наблюдений, так как дело касается одной из наиболее тонких и сложных областей биологии, в которой объектом наблюдения является живая ткань или клетка с постоянно меняющимися свойствами в соответствии с изменением среды.

Без таких исследований невозможно получить достоверного представления о сущности зимнего покоя у древесных растений, о физико-химических процессах, происходящих в тканях растений в это время.

Но много ценных наблюдений за поведением растений в состоянии зимнего покоя можно получить, пользуясь простыми приемами.

О продолжительности и глубине покоя, наблюдая за прорастанием почек и кустарников охлаждении можно судить, пользуясь простыми приемами. О продолжительности и глубине покоя, наблюдая за прорастанием почек на веточках деревьев, срезанных в лесу и перенесенных в теплую комнату в сосуды с водой. Известно, что веточки деревьев, срезанные осенью после листопада, не прорастают совсем или прорастают после длительного стояния в теплой комнате, при этом, как правило, развиваются не все почки, а лишь часть из них. Если же веточки срезать с деревьев регулярно, через равные промежутки времени в течение зимы, то увидим, что по мере того, как растения все больше подвергаются охлаждению, их веточки все скорее начинают прорастать. Срезанные в конце зимы веточки почти всех деревьев прорастают в течение нескольких дней. Регулярно прорастивая веточки, срезанные зимой с деревьев в лесу, мы наблюдали, сколько дней проходит до набухания почек, распускания листьев или хвои. По этим признакам мы судили о том, как у растения протекает состояние покоя.

В наших опытах веточки срезались 1-го и 15-го числа каждого месяца, начиная с октября и до начала распускания листьев или хвои в природе. Срезались десять веточек каждой породы, взятой под наблюдение\*, длиной 30—40 см с трех деревьев. Учитывалось, что лучше брать веточки из разных частей кроны невысоких деревьев, а также и у молодых растений (подроста). У сосны удобнее брать пять штук боковых ветвей у молодых деревьев, у которых почки лучше выражены, и пять штук у подмолочных деревьев, у которых почки лучше выражены с почками и сережками роста. У березы желательнее срезать веточки с почками и сережками мужских цветов, которые образуются с осени для зацветания в будущем

\* Мы наблюдали таким образом за сосной обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), лиственницей даурской (*Larix dahurica* Turcz.), березой плосколистной (*Betula platyphylla* Suk.), осинкой (*Populus tremula* L.), шиповником иглистым (*Rosa acicularis* Lindl.) и спиреей средней (*Spiraea media* Schmidt).



году; в этом случае можно наблюдать за развитием не только почек, но и сережек. Веточки ставились в сосуды (конические литровые колбы, цилиндры, банки и т. п.) с обычной питьевой водой, которая менялась каждую неделю. Ежедневно в одно время (утром) все веточки осматривались, и замеченные изменения заносились в журнал наблюдений.

Отмечались следующие явления: 1) набухание почек, когда почки заметно увеличиваются в размерах и на их верхушках появляются признаки наступающего раскрытия — через раздвигающиеся чешуйки становятся видными зеленоватые листочки\*; 2) начало распускания почек, когда у растений появляются первые листочки, еще не полностью развернувшиеся; 3) массовое распускание листочков или пучков хвои (у лиственницы); 4) образование цветочных бутонов и набухание сережек; 5) цветение, когда разворачиваются венчики цветов у таких растений, как шиповник или спирея, или когда появляются ясные признаки цветения сережек (у березы, ольхи и т. п.).

В первую половину зимы часто не наступало массового распускания листочков, почки останавливались в развитии на стадии набухания или же распускались одиночные почки, верхушечные или боковые.

Веточки выдерживались в комнате в течение двух месяцев или до того момента, когда они полностью заканчивали развитие — до распускания листьев и цветения; иногда веточки не развивались и засыхали, в этом случае делалась отметка о засыхании и они выбрасывались. Для того, чтобы не было преждевременного засыхания веточек, необходимо воздух в комнате поддерживать не слишком сухим, нам приходилось иногда ставить в комнате чашки с водой. Кроме того, нужно, чтобы температура воздуха не опускалась ниже  $10^{\circ}\text{C}$ .

В результате наблюдений за срезанными веточками в течение зимних периодов (1953—1954, 1954—1955 и 1955—1956 гг.) мы определяли средние сроки набухания, начала и полного распускания почек и составляли по ним графики зависимости этих явлений от сроков срезки ветвей. На рис. 1 представлены такие графики для березы плосколистной, шиповника иглистого и осины как наиболее типичные для изучавшихся пород.

Известная субъективность в определениях могла привести к отклонениям от истинных величин. Кроме того, трехлетний срок наблюдений представляется нам недостаточным для точного установления закономерностей в изучаемых явлениях. Поэтому мы не нашли возможным построить плавные кривые. Точки, соответствующие средним данным за три года, соединены прямыми линиями, что позволяет иметь более ясное представление о наблюдающихся колебаниях в сроках прорастания и распускания листьев.

С учетом этих соображений при рассмотрении графиков можно все же сделать следующие выводы.

Наибольшее число дней, необходимое для набухания и начала распускания листьев у березы плосколистной и шиповника иглистого, наблюдается в начале опыта у веточек, срезанных 1 октября, в наших условиях — это начало зимы. Полного распускания листьев у веточек, срезанных 1 октября, нет ни у одной из трех пород: у шиповника оно наблюдается с 15 октября, у березы плосколистной с 15 января, а у осины лишь с 15 апреля. До середины декабря число дней, необходимое для прорастания, уменьшается, а затем снова увеличивается и достигает зимнего максимума около 15 января, после чего наблюдается в общем последовательное уменьшение его до весны.

\* У веточек сосны наблюдается только набухание почек и образование из них верхушечных побегов, на которых в природе возникают мужские соцветия, а затем и хвоя.

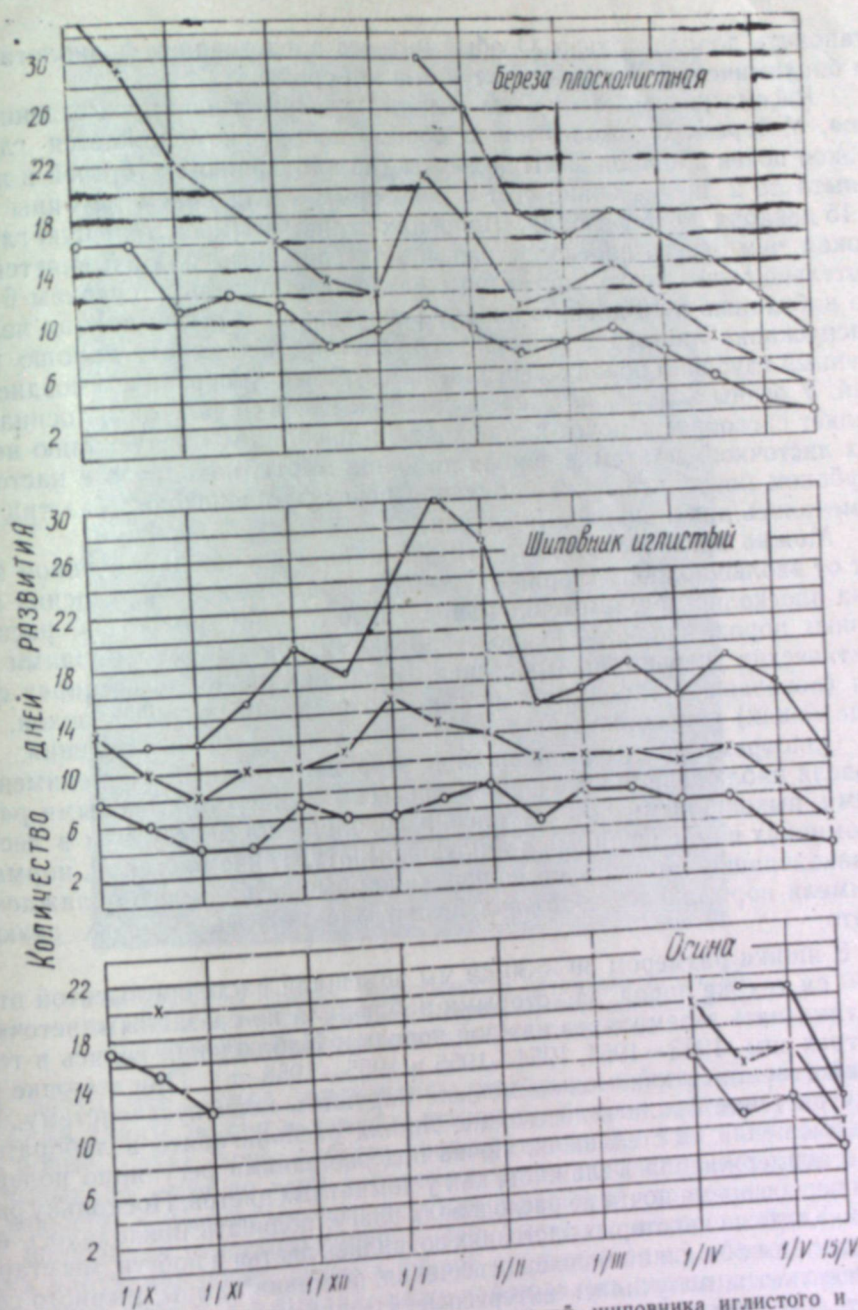


Рис. 1. Развитие почек березы плосколистной, шиповника иглистого и осины на веточках, срезанных зимой, в зависимости от сроков срезки. (Данные средние за три зимы — 1953—1954, 1954—1955, 1955—1956).

Таким образом, в Якутске наибольшая глубина покоя у древесных пород в зимнее время, очевидно, отмечается в середине января. Но даже в этот период для прорастания веточек в теплой комнате необходимо меньшее число дней (исключая осину), чем в самом начале зимы. Можно предполагать, что у ряда пород покой в позднелесеннее время и в начале зимы в наших условиях наиболее глубок и имеет два максимума: позднелесенний и зимний. Календарные сроки позднелесеннего максимума глубины покоя находятся вне пределов нашего опыта и их следует ус-



тановить дополнительно. Особый интерес представляет физиологическое и биохимическое изучение растений в эти сроки.

Рассматриваемые кривые выражают три типа прохождения покоя. У березы плосколистной в общем постепенно снижается глубина покоя почек с начала зимы до весны (по набуханию от 16 дней в начале опыта до 2 дней в конце его) с некоторым увеличением глубины покоя с 15 декабря до 15 февраля. Шиповник иглистый имеет меньшую глубину покоя, чем береза плосколистная, и в течение зимы она изменяется значительно менее резко, составляя с октября по апрель в среднем 6 дней по набуханию и 10 дней по началу распускания листьев; кривая полного распускания листьев у шиповника иглистого показывает хорошо выраженный глубокий покой в середине зимы, более сильный, чем поздней осенью. У осины ход зимнего покоя своеобразен: в начале зимы осина проявляет способность почек к набуханию и неполному распусканию немногих листочков, а затем, с ноября до конца марта, находится в настолько глубоком покое, что даже набухания почек не происходит (за три года отмечались лишь единичные случаи).

Можно предполагать, что эти различия в прохождении покоя зависят от эволюционной истории растений: сосна обыкновенная, осина и береза плосколистная, имеющие наибольшую глубину покоя из рассмотренных пород, являются наиболее древними древесными породами субарктических условий произрастания. Шиповник иглистый и спирея средняя (показавшая такой же характер прохождения зимнего покоя, как и шиповник) относятся к растениям более южного происхождения.

Одновременно мы выполнили и второй несложный эксперимент — провели наблюдения за молодыми древесными и кустарниковыми растениями, выкопанными до наступления похолодания в лесу или в лесных питомниках и помещенными в теплую комнату. Такие растения, нормально закончившие летний рост, не получали обычного зимнего охлаждения, не имели нормального состояния покоя. Нас интересовала их реакция на это.

В ящики размером 30 × 30 см мы помещали растения высотой от 10 до 70 см тех же пород, за которыми наблюдали по срезанным веточкам (по три—пять экземпляров каждой породы). Наблюдения велись в течение трех зим (1953—1954, 1954—1955 и 1955—1956 гг.). При выкопке растений старались как можно меньше нарушить корневую систему, поэтому растения брались невысокие. Ящики располагались в лабораторном помещении на стеллажах. Почва под растениями регулярно поливалась и поддерживалась влажной, как у комнатных цветов. Поскольку растения первое время почти не расходовали влагу, поливать приходилось немного. Когда на некоторых растениях появились листья и побеги, мы старались дать им возможно больше освещения, поставив лампы дневного света. Результаты получились интересные. Не излагая их полностью, скажем только, что те несколько пород, за которыми мы наблюдали, вели себя в наших условиях различно. Все пять экземпляров сосны в течение зимы, до апреля, не проявляли никаких признаков роста, даже набухания почек; три из пяти экземпляров сосны к 15 апреля засохли. У лиственницы даурской с конца декабря начиналось набухание почек, затем в январе и феврале большая часть почек распушалась и давала пучки хвонок почти так же, как у растений в природе весной. Но через некоторое время (две—три недели) такие распутившиеся лиственницы полностью погибали. Так же вел себя ольховник кустарниковый (*Alnaster fruticosus* [Rupr.] Ldb.).

У березы плосколистной с середины декабря отмечались набухание почек и начало недружного распускания. В январе и феврале распушка-



Рис. 2. Бузина красная. Пересажена из питомника 15 сентября 1955 г. в теплую комнату. Прирост от отметки белым на стволике образован зимой, до 22 марта 1956 г.

лись почти все почки, появлялись молодые побеги, достигающие 20—25 см длины, но они неизменно отмирали. Взамен отмерших появлялись новые. Такая смена побегов происходила два—три раза за зиму, что вызывало, судя по всем признакам, истощение запасных питательных веществ, в результате чего некоторые растения отмирали.

У шиповника иглистого сравнительно быстро, с конца ноября, началось набухание почек, затем в январе образовывались облиственные и цветочные побеги, а в феврале даже наблюдалось цветение; но распускание почек было неравномерным, а цветы были почти белыми (не красными, как в природе), с уродливыми, махровыми чашелистиками и лепестками неправильной формы. Дожившие до весны растения шиповника были выставлены под полог леса, там они продолжали жить, но имели вид больных растений.

Завезенные в Якутию семенами и выращенные в питомнике, бузина красная (*Sambucus racemosa* L.) и смородина красная (*Ribes rubrum* L.), пересаженные в теплую комнату в середине сентября 1955 г., в течение первых двух месяцев находились почти без движения, но листья не сбрасывали, а затем начали расти. Во второй половине зимы они усне корили свой рост, за зиму дали прирост до 60 см и как будто не сильно страдали от того, что не подвергались зимним морозам; они только из-



лишь тянулись в высоту и были бледновато-зелеными из-за недостатка света (рис. 2). Возможно, на характере поведения этих пород сказались более южное происхождение их.

Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), высевавшийся в течение нескольких лет в питомниках для проверки на жизнестойкость в условиях Якутска, ежегодно почти полностью вымерзал; он входит в зимний период неподготовленным, с неостановившимся ростом и недостаточно одревесневшими побегами и почти не образует листовых почек. Перенесенный же в ящике в теплую комнату клен ясенелистный в начале ноября имел нормальные листовые почки, показал задержку в росте до января (не сбрасывая листьев), а затем продолжал рост. Судя по этим признакам, интродукция этой породы в Якутии невозможна без специальной селекционной работы и ступенчатой акклиматизации.

Опыты с растениями, перенесенными до наступления холодов из леса и питомника в теплую комнату в ящиках, хорошо дополняют наблюдения за прорастанием срезанных веточек. Породы, показавшие наибольшую глубину покоя по срезанным веточкам (сосна, осина, береза плосколистная), наиболее устойчиво сохраняют покой и в ящиках.

Необходимо отметить, что сохранения полного покоя в течение зимы у растений в ящиках мы не наблюдали. Лучше других сохраняет покой сосна, но даже и у нее во второй половине зимы почки набухали, удлинялись и переходили к образованию очередных побегов («стрелок»); у отдельных экземпляров в апреле наблюдалось даже образование пыльцевых мешков.

У растений, тронувшихся в рост, в дальнейшем наблюдались различные болезненные явления и ненормальности — отклонения в форме и окраске цветков, недоразвитость побегов и во всех случаях явления истощения. Растения лиственницы даурской и ольхи кустарной, тронувшиеся в рост, после развития листьев и хвоинок сравнительно быстро все до единого погибали. У других пород (береза плосколистная, шиповник, спирея) они оказались более стойкими, доживали до весны и, будучи выставленными под полог леса, немного оправлялись, но взятые в комнату во вторую зиму все же отмирали.

Причины истощения могут быть следующие: растройство процессов синтеза, передвижения и усвоения веществ в растении в результате лишения их периода охлаждения и нарушения процессов биохимического регулирования; возможна недостаточность фотосинтетических процессов в условиях опыта, прежде всего из-за недостаточности освещения; возможны также нарушения в деятельности корневой системы. Мы предполагаем, что основной причиной является первая. Но для каких-либо обоснованных суждений об этом необходимы специальные наблюдения.

О наблюдениях за прохождением зимнего покоя у древесных растений по срезанным в разное время зимы веточкам в литературе сообщалось неоднократно. Например, опубликованы интересные наблюдения К. Перетолчина [11], В. В. Петрова [6], И. И. Туманова и О. А. Красавцева [7]. Но они относятся к немногим древесным породам в условиях центральной части Советского Союза и мало связаны друг с другом.

Желательно проведение наблюдений за прохождением зимнего покоя у наших древесно-кустарниковых пород по согласованной программе в разных областях Советского Союза. Такие наблюдения, кроме их большой теоретической ценности для биологии, позволили бы составить справочник о зимостойкости пород — очень нужное пособие для растениеводов и селекционеров.

Якутский филиал  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
21/II 1959

## ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Генкель, Е. З. Окнина, Диагностика морозостойкости растений по глубине покоя их тканей и клеток. Методические указания. Изд. АН СССР, М., 1954.
2. И. А. Максимов, Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. Т. II. Изд. АН СССР, М., 1952.
3. R. M. Samich, Dormancy in woody plants. Annual review of plant physiology. Vol. 5, 1954.
4. Herman von Guttenberg, Lehrbuch der allgemeinen Botanik. Akademie verlag, Berlin, 1955.
5. Т. П. Петровская, Состояние покоя цветочных почек древесно-кустарниковых растений. Тр. Ин-та физиологии растений им. Тимирязева, т. 9, 1955.
6. В. В. Петров, К вопросу о зимнем покое почек дикорастущих древесных. Бюлл. МОИП, т. VIII, вып. 3, 1953.
7. И. И. Туманов, О. А. Красавцев, Морозостойкость древесных растений. Физиология растений, т. II, вып. 4, 1955.
8. П. Коломиец, О состоянии зимнего покоя красного клевера. Автореф. канд. дисс. Изд. АН СССР, М., 1951.
9. И. М. Васильев, Зимовка растений. Изд. АН СССР, М., 1956.
10. В. Я. Александров, Цитофизиологическая оценка различных методов определения жизнеспособности растительных клеток. Тр. БИН АН СССР, сер. IV, вып. 10, 1955.
11. К. Перетолчин, Изменения запасных веществ наших деревьев в период зимнего покоя. Изв. СПб Лесного ин-та, вып. II, 1904.



В. А. ГАВРИЛЮК

О ХАРАКТЕРЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ  
НЕКОТОРЫХ КУСТАРНИЧКОВ ЧУКОТКИ

Некоторые указания на характер расположения корней арктических растений встречаются у А. Ф. Миддендорфа [1], который отмечает, что корни в условиях вечной мерзлоты остаются на известном расстоянии от уровня постоянно замерзающей части почвы. Г. Майдель [2], Г. И. Танфильев [3], В. Н. Сукачев [4], Г. Пуллинг [5], Р. И. Аболин [6] указывают на поверхностное расположение корневой системы древесных растений, произрастающих на вечномерзлых почвах. В работах Б. Н. Городкова [7—10 и др.], посвященных растительности Арктики, также отмечается поверхностный тип распространения корней тундровых растений. А. П. Тыртиков [11, 12] устанавливает тесную зависимость распределения корневых систем древесных пород от условий местообитания.\* По его наблюдениям, основным фактором, обуславливающим не только глубину залегания корней, но и их рост, является температура почвы.

В. С. Говорухин [13] отмечает, что в условиях Полярного Урала корни древесных пород не углубляются в минеральный субстрат, а распространяются лишь в хорошо прогреваемом поверхностном торфянистом слое и мхах на глубине 5—6 см. Подтверждая эти данные в другом исследовании [14], Говорухин приходит к следующему выводу: «Основной причиной, обуславливающей распределение корневых систем деревьев и крупных кустарников... в лесотундровых редколесьях, является температурный режим талых почв» (стр. 225).

Ярусность подземной части сообществ в условиях Хибин наблюдала С. Н. Карандина [15]. Хотя исследования проводились в местах, где вечной мерзлоты нет, однако отмечена приуроченность основной массы корней травянистых и кустарничковых видов к поверхностному слою почвы (7—9 см).

Ряд работ В. П. Дадыкина [16, 17] посвящен главным образом исследованию физиологических процессов в растениях, произрастающих на холодных почвах. Наряду с этим, Дадыкин наблюдал проникновение корней некоторых травянистых видов на глубину 90 см в мерзлом горизонте. На основании этого он отрицает мнение многих исследователей о поверхностном распространении корневой системы.

Таким образом, по вопросу о характере расположения подземных частей растений в условиях вечной мерзлоты существуют два противоположных взгляда. Перечисленные работы относятся к северной части лесной зоны и лесотундре, касаясь в основном древесных пород. Для обширной территории арктических и субарктических тундр Сибири исследований о закономерностях в залегании и характере корневой системы нет. Лишь В. Д. Александрова [18] коротко останавливается на этом вопросе.

\* Наблюдения проводились в крайней северо-восточной части подзоны елово-лиственничных редкостойных лесов.

Характеристика местности

Исследования проводились в районе Чаплинских горячих источников, близ побережья Берингова моря (юго-восточная оконечность Чукотского п-ва, Провиденский р-н Магаданской обл.). Краткая характеристика природно-географических условий района приводится в ряде работ [19—21].

Выход на поверхность горячих вод у подножия правого берега р. Ульхум обусловил наличие в этом районе довольно значительной безмерзлотной площади, расположенной на склонах террас и в долине. Эта территория является уникальным «оазисом» на общем фоне неглубоко залегающей вечной мерзлоты (табл. 1). Данное обстоятельство позволило сравнить одни и те же виды, произрастающие как в условиях вечной мерзлоты, так и без нее.

Таблица 1

Средняя (из многих измерений) глубина летнего оттаивания вечной мерзлоты в ерничково-осоковом болоте (*Betula exilis* + *Carex stans*) — (*Sphagnum limbratum* + *Sphagnum compactum* + *Aulacomnium palustre*) (1957)

Дата измерения	Средняя глубина, см		
	на кочках	в мочажинах	в местах с проточной водой
30/VI	16,0	18,0	27,0
27/VII	27,0	30,2	49,5
18/VIII	41,0	65,0	85,0

Положение участка и своеобразный микрорельеф (небольшие солифлюкционные бугры, термодинамические впадины, промоины и др.) приводят к неравномерному распределению снега. От последнего зависит в известной мере такое же неравномерное распределение отдельных видов и ценозов [22, 23]. Основная часть террасы, где производились раскопки корневой системы, подвержена в течение круглого года действию ветров, особенно сильных и губительных в осенне-зимнее время. Почва и грунт довольно глубоко промерзают, несмотря на значительную положительную температуру нижних горизонтов. В период с конца июня по начало июля мерзлый слой полностью оттаивает. Большая часть обогреваемой территории расположена на надпойменной террасе и покрыта сильно разреженными лишайниково-кустарничковыми ассоциациями, прерываемыми значительными пятнами голого щебня. Там, где глубина снежного покрова достигает 30—70 см, растения образуют сомкнутый покров с преобладанием кустарничков (*Empetrum nigrum*, *Cassiope tetragona* и др.). На склонах, ближе к пойме, развивается мелкотеррасчатый рельеф. Каждое голое глинистое пятно ограничено по направлению склона возвышенным валиком-бровкой часто с хорошо развитой растительностью. Здесь снежный покров достигает местами 1 м. Некоторое представление о температурном режиме почвы может дать табл. 2.

В условиях мелкобугристого болота (*Betula exilis* + *Carex stans*) — (*Sphagnum* + *Aulacomnium*) вечная мерзлота даже в августе находилась на глубине 30—45 см. Температура же на глубине 10 см была +2,0—+3,0°. На обогреваемой территории по мере углубления температура к концу лета возрастает. Это объясняется тем, что поверхность почвы охлаждается стекающими сюда талыми водами. После стекания почвы охлаждается стекающими сюда талыми водами. После стекания холодных талых вод расширяется сфера деятельности подземного тепла.







ней, благодаря которым растение постепенно охватывает все большее и большее пространство поверхностного горизонта почвы. Главный корень, находясь под кроной, на некотором протяжении может быть обнажен, а затем постепенно углубляется в почву, достигая глубины 17—18 см (рис. 2). Придаточные корни располагаются главным образом под кроной в слое 0—10 см. Значительное количество придаточных корней имеет большое значение, особенно в данных условиях. Прежде всего, будучи покрыты надземной частью и сухими остатками, они защищены от резких суточных и сезонных колебаний температуры. Этому в зимнее время способствует и задерживающийся снег. Благоприятные условия для сохранения части корней создаются даже тогда, когда главные корни повреждаются и разрываются зимним растрескиванием почвы, «шлифующим» действием снега и т. д.

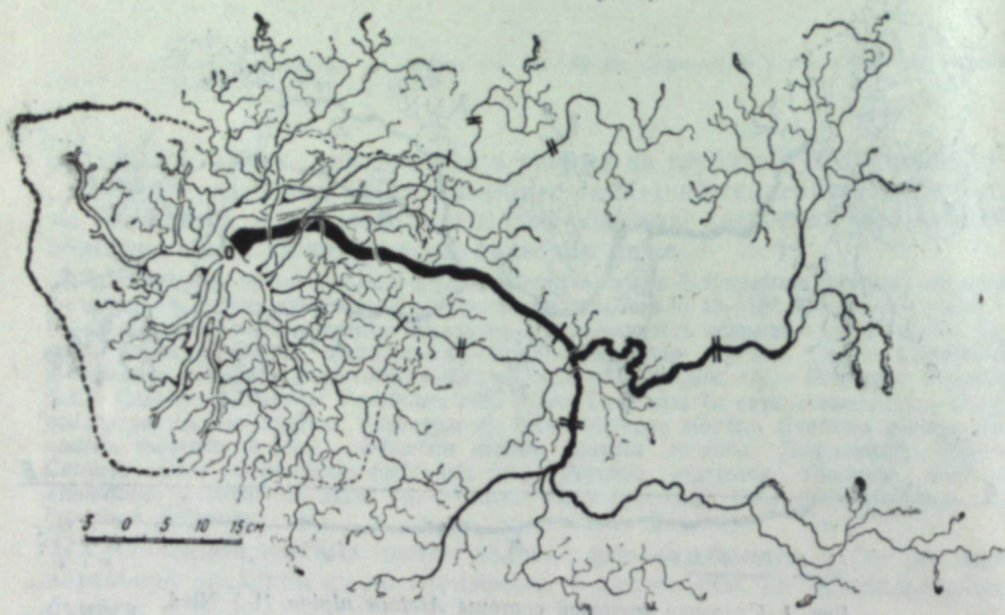


Рис. 2. Строение корневой системы *Empetrum nigrum* L.

Глубина залегания: 0—I от 0 до 5 см; I—I от 5 до 10 см; II и далее от 10 до 15—18 см. Придаточные корни расположены в горизонте 0—6 см.

Кроме того, ранневесенний рост и развитие многих кустарничков начинаются задолго до полного оттаивания основной массы корней, а иногда и значительной части стебля. Наряду с использованием резервных питательных веществ стебля и почек, большое значение в питании имеют мелкие придаточные корни, оттаивающие одновременно с соответствующей частью стебля. Образование их, по нашим наблюдениям, у некоторых кустарничков (и травянистых растений) происходит одновременно с началом распускания почек (например у *Salix Chamissonis*, *Acomastylis Rosii* и др.). Наконец, при разрыве растения в связи с термодинамическими явлениями в почво-грунтах увеличивается возможность самостоятельного существования отдельных оторвавшихся ветвей.

4. Широко распространенным компонентом кустарничковых ассоциаций на малозаснеживаемых местообитаниях является и *Diapensia obovata*. «Вечнозеленые», краснеющие весной и осенью плотные подушки-кусты ее прижимаются к почве, в поверхностном слое которой располагаются часть ветвей и корневая система. В строении последней наблюда-

ются те же закономерности, что и у других видов: наличие придаточных корней в горизонте 0—6 см и залегание основной массы корневой системы в горизонте 6—14 см (рис. 3). Разделение одной особи на несколько дочерних происходит настолько повсеместно и часто, что данный вид можно выделить как наиболее характерный в этом отношении.



Рис. 3. Корневая система *Diapensia obovata* (Fr. Schm.) Nakai (вертикальная проекция).

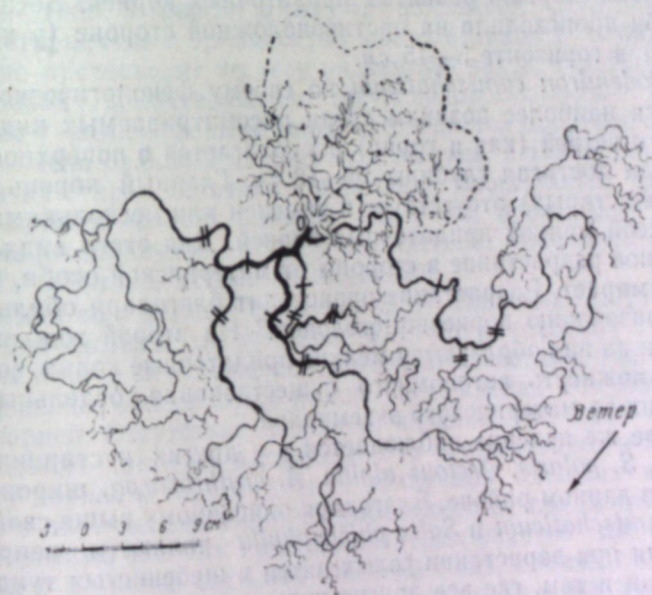


Рис. 4. Корневая система *Cassiopa tetragona* (L.) D. Don. Обозначение глубины залегания такое же, что и на рис. 2.

5. *Cassiopa tetragona* на описываемом участке не так широко распространена и развита, как на склонах гор (особенно южных), у их подножий, так как нуждается в устойчивом и глубоком снежном покрове. Редкие и небольшие экземпляры ее произрастают лишь кое-где в ложбинах. Сильно извитая корневая система этого вида располагалась в горизонте 0—16 см. Как и у *Loiseleuria procumbens*, она располагалась в месте скопления снега (рис. 4), где за надземной частью он задерживается после первых снегопадов (в конце сентября — октябре, иногда снег, выпавший в небольшом количестве в сентябре — октябре, иногда



бывает единственным укрытием в течение долгой зимы. Остальная масса зимних осадков выпадает в феврале — марте. Так было, например, в зиму 1957—1958 г.

По внешнему виду все корни *Cassiope tetragona* можно разделить на три типа: а) главные, б) придаточные, от 1 до 3—5 см, в) очень мелкие, волосковидные придаточные корни, до 0,5—1,0 см. Последними обильно обрастает прижатая к почве часть приподнимающихся стеблей *Cassiope tetragona*, долго сохраняющиеся остатки листьев способствуют удержанию влаги и предохраняют их от высыхания.

6. *Phyllococe coerulea*, как и предыдущий вид, относится к так называемым «снеголюбам» [23, 25]. Поэтому на данной территории встречается только там, где микрорельеф способствует регулярному ежегодному задержанию снега в зимнее время. Такими местообитаниями являются упомянутые нами мелкотеррасчатые склоны. Здесь, возле бровок, полукругом окаймляющих голые глинистые пятна, скапливается до 30—70 см снега. Вершина бровки бывает обнажена, поэтому иногда лишена растительности. Отсутствие растительности на глинистых пятнах вызвано явлением вспучивания поверхности при образовании кристаллов льда поздней осенью, а также другими динамическими явлениями. Пятна подвержены заметному зарастанию, чаще всего по краям. Надземная часть и корневая система *Phyllococe coerulea* располагаются в местах скопления снега. Стебель плотно прижимается к подножию бровки, образуя несколько хорошо развитых придаточных корней. Ветвление их у данной особи происходило на противоположной стороне (у края глинистого пятна) в горизонте 3—15 см.

7. *Rhododendron camtschaticum* по своему фенологическому развитию является наиболее поздним среди рассматриваемых видов. Основная часть его ветвей (как и корни) располагается в поверхностном слое почвы, иногда достигая глубины 16—18 см. Главный корень у многих особей (более старых) отсутствует и заменен или несколькими развитыми, или массой мелких придаточных корней. Для этого вида характерно интенсивное разрастание в стороны от материнской особи, которая со временем отмирает. Разрастание происходит благодаря обильному ежегодному образованию корневищ-столонов.\* На второй год они сильно древеснеют и на них образуются мелкие придаточные корни, со временем дающие возможность автономного существования отдельным ветвям при отрыве их от материнского экземпляра.

Подобное же явление наблюдается и у других кустарничков: *Salix phlebophylla*, *S. polaris*, *Arctous alpina*, *A. erythrocarpa*, широко распространенных в данном районе. Благодаря описанному выше свойству *Rhododendron camtschaticum* и *Salix phlebophylla* являются неизменными компонентами при зарастании голых пятен в щебенистых тундрах. Произрастают они и там, где все другие виды кустарничков почти или совсем отсутствуют (вершины и склоны гор, террас, подверженные особенно сильною действию зимних ветров). В крайне суровых условиях среды наиболее жизнестойким оказался корневищный тип роста, облегчающий существование и способствующий вегетативному способу размножения и разрастания.

Площадь, занимаемая корневой системой всех исследованных видов, в несколько раз превосходит площадь проекции надземной части. Например, у *Arctous alpina* проекция ветвей составляла около 1155 см<sup>2</sup>, площадь же, занятая корневой системой, равнялась 5890 см<sup>2</sup>, т. е. в пять с лишним раз превосходила первую.

\* И. Г. Серебряков [26] называет их столоновидными корневищами.

Весовое соотношение между надземной и подземной частями некоторых растений показано в табл. 3.

Таблица 3

Вес подземной и надземной массы некоторых тундровых растений (в г)

Название вида	Фаза вегетации	Количество экземпляров	Вес надземной части	Вес подземной части	Соотношение надземной и подземной частей	Примечания
<i>Dryas octopetala</i> L.	Нач. бутон.	1	5,6	121,2	1:2,3	Со старыми листьями, сырая масса
<i>Diapensia obovata</i>	Бутон.	3	156,8	40,2	3,8:1	»
<i>Rhododendron camtschaticum</i>	Начало распускания почек	1	5,4	27,9	1:5,1	Без листьев, сырая масса
<i>Cassiope tetragona</i>	Бутон.	1	16,0	6,4	2,5:1	Со старыми листьями, сырая масса
<i>Acomastylis Rossii</i> (R. Br.) <i>Greene</i>	Цветение	100	231,0	445,5	1:1,9	В сухом состоянии

Данные табл. 3 говорят о том, что подземная часть некоторых тундровых кустарничков и травянистых многолетников (*Acomastylis Rossii*) значительно превосходит по весу надземную часть. Исследования В. Д. Александровой [18] подтверждают такую закономерность.

Однако у «вечнозеленых» видов наблюдается обратное соотношение. Это обусловлено большим количеством листьев, а также длительным сохранением их старых остатков. Зацветание таких видов, как *Empetrum nigrum*, *Diapensia obovata*, *Cassiope tetragona*, происходит значительно раньше, чем кустарничков с опадающей листвой: *Rhododendron camtschaticum*, *Salix reticulata*, *Vaccinium uliginosum*.

Принимая во внимание суждения В. П. Дадыкина [17] о расположении корневой системы, мы предполагали, что в условиях с неглубоким залеганием вечной мерзлоты, по сравнению с местами, где она отсутствует совершенно, обнаружатся резкие расхождения в глубине распространения корней. Отсутствие мерзлоты, казалось бы, дает возможность неограниченного роста их в глубину. Это соответствует и явлению тропизма у корней и гарантирует от различных внешних влияний, тем более, что с нарастанием глубины увеличивается положительная температура. Корневую систему на безмерзлотном участке мы всякий раз сравнивали с корневой системой этого же вида, произрастающего в полярных ассоциациях, но на участке с вечной мерзлотой. Главным образом это были участки пятнистой лишайниково-кустарничковой тундры на террасах р. Ульхум, окружающие безмерзлотную территорию. Уровень вечной мерзлоты (август 1958 г.) был на глубине 35—37 см. Приводим результаты этого сравнения (табл. 4).

У таких растений, как *Salix polaris*, *S. phlebophylla*, в условиях вечной мерзлоты в случае полного смыкания растительности и увеличения количества мхов корни располагались в горизонте 0—10 см (разница с обогреваемой территорией 7 см). Эти данные говорят о том, что отсутствие вечной мерзлоты в условиях сурового климата юго-восточной Чукотки не отражается на глубине распространения корневой системы кустарничков. Корневая система также располагается поверхностно, как и в



Таблица 4

Глубина распространения корневой системы кустарничков (в см) в условиях малозаснеживаемых пятнистых тундр

Название видов	Глубина распр. корней при отсутствии вечной мерзлоты	Глубина распр. корней в условиях вечной мерзлоты	Разница в распространении
<i>Arctous alpina</i> . . . . .	0—15	0—11	4
<i>Loiseleuria procumbens</i> . . . . .	0—18	0—14,5	3,5
<i>Empetrum nigrum</i> . . . . .	0—18	0—18	—
<i>Diapensia obovata</i> . . . . .	0—14	0—15	1
<i>Cassiope tetragona</i> . . . . .	0—16	0—16	—
<i>Rhododendron camtschaticum</i> . . . . .	0—16	0—18	2

обычных для данной территории пятнистых лишайниково-кустарничковых тундрах с вечно мерзлыми грунтами. Разница в несколько сантиметров обуславливается характером индивидуального развития вида и, конечно, не может быть принята во внимание. Таким образом, нормальное функционирование растительного организма в данных условиях происходит тогда, когда обе его части — надземная и подземная — подвержены влиянию более или менее одинаковой температуры. Приспособление к использованию микроклимата приземной части и поверхностного слоя почвы как наиболее оптимальных в широтах Крайнего Севера приводит к описанному нами явлению. Поверхностный горизонт почво-грунтов, в силу упомянутых обстоятельств, — это наиболее активная часть их, где происходят процессы минерализации мертвых органических остатков. Эффективное использование продуктов этого распада осуществляется именно за счет поверхностного распространения корневой системы.

В таком распространении корней повинна, следовательно, не вечная мерзлота. Причины этого явления прежде всего вытекают из природы самих растений, т. е. объясняются историей формирования этих видов, наследственно приобретенными свойствами. Об этом в 1929 г. говорил Р. И. Аболин [6]. Можно предположить, что данные виды формировались в условиях с малоразвитыми, бедными почвами, увлажненными в достаточной мере в поверхностном горизонте. Возможно также, что значительную роль играют симбиотические связи этих растений с грибами.

### Выводы

1. У исследованных кустарничков — *Arctous alpina*, *Cassiope tetragona*, *Diapensia obovata*, *Empetrum nigrum*, *Loiseleuria procumbens*, *Phyllo-doce coerulea*, *Rhododendron camtschaticum* и *Salix phlebophylla* — в условиях вечномерзлых грунтов корневая система распространяется в поверхностном слое почвы (0—18 см) как наиболее оптимальном. То же происходит и в условиях с полным отсутствием вечной мерзлоты, но при всех прочих суровых условиях климата Крайнего Севера.

2. Большое значение в данных обстоятельствах имеет повышенная способность кустарничков к образованию придаточных корней, способствующая выживаемости и сохранению отдельных частей особи при разрыве различными динамическими явлениями в почве.

3. У каждого из перечисленных видов наблюдается двухъярусная корневая система: первый ярус — придаточные корни, распространяющиеся в горизонте 0—6 см; второй ярус — главные и крупные придаточные корни, занимающие в основном горизонт 6—18 см. У некоторых ви-

дов (*Cassiope tetragona*) имеются еще очень мелкие придаточные корни, распространяющиеся по самой поверхности среди отмерших остатков.

4. У некоторых видов кустарничков под действием условий сурового климата и своеобразных местообитаний (обдуваемые места, пятнистые тундры, подверженные различным динамическим явлениям) выработался особый тип распространения и размножения — столонно-корневищный (*Salix phlebophylla*, *S. polaris*, *Rhododendron camtschaticum*, *Arctous alpina*).

Ботанический институт  
им. В. Л. Комарова АН СССР

Поступила в редакцию  
25/IX 1959

### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Миддендорф, Путешествие на север и восток Сибири. Ч. IV, СПб, 1867.
2. Г. Майдель, Путешествие по северо-восточной части Якутской области. СПб, 1894.
3. Г. И. Танфильев, Пределы лесов в полярной России. Одесса, 1911.
4. В. Н. Сукачев, Растительность верхней части бассейна р. Тунгиря, Олекминского окр. Якутской обл. Тр. Амурской экспедиции, вып. 16, т. 1, СПб, 1912.
5. H. Pulling, Root habit and plant distribution in the far North. Plant. World, 21, 1918.
6. Р. И. Аболин, Геоботаническое и почвенное описание Лено-Вилюйской равнины. Тр. Комиссии по изучению Якутской АССР, т. X, изд. АН СССР, Л., 1929.
7. Б. Н. Городков, Тундра и альпийский пояс гор. Природа, № 11, 1929.
8. Б. Н. Городков, Вечная мерзлота и растительность. Материалы КЕПС, № 80. Изд. АН СССР, Л., 1930.
9. Б. Н. Городков, Растительность тундровой зоны СССР. Изд. АН СССР, М.—Л., 1935.
10. Б. Н. Городков, Растительность Арктики и горных тундр СССР. Сб. «Раст. СССР» I. Изд. АН СССР, М.—Л., 1938.
11. А. П. Тыртиков, Распределение корневых систем деревьев на северном пределе лесов. Вести. Моск. ун-та, сер. физ.-мат. и ест. наук, № 10, 1951.
12. А. П. Тыртиков, Рост корней деревьев в длину на северном пределе лесов. Бюлл. МОИП, отд. биол., т. LIX(1), 1954.
13. В. С. Говорухин, По тундрам Малого Ямала и Полярного Урала. Бюлл. МОИП, т. XXVII, вып. 3, отд. геол., 1952.
14. В. С. Говорухин, Редколесья на полярном пределе лесов Малого Ямала и в приобской лесотундре. Земледелие, т. IV, 1956.
15. С. Н. Карандина, Распределение подземных частей растений в некоторых ассоциациях Хибинской тундры. Бот. журн., т. 39, № 6, 1954.
16. В. П. Дадыкин, Особенности поведения растений на холодных почвах. Изд. АН СССР, М., 1952.
17. В. П. Дадыкин, Особенности поведения растений на холодных почвах. Вopr. бот., 11. Изд. АН СССР, М., 1954.
18. В. Д. Александрова, Опыт определения надземной и подземной массы растений в арктической тундре. Бот. журн., т. 43, № 12, 1958.
19. Ф. А. Головачев, Минеральные источники юго-восточной части Чукотского п-ва. Арктика, 5, 1937.
20. П. Ф. Швецов, Некоторые данные к характеристике минеральных источников Чукотки. Вopr. курортологии, № 5, М., 1937.
21. Б. А. Тихомиров, К характеристике флоры и растительности термальных источников Чукотки. Бот. журн., т. 42, № 9, 1957.
22. А. И. Толмачев, О некоторых закономерностях распределения растительных сообществ в Арктике. Бот. журн., т. 24, № 5—6, 1939.
23. Б. А. Тихомиров, Некоторые особенности снежного покрова тундры и его влияние на существование растительности. В кн. «Снег и талые воды», изд. АН СССР, М., 1956.
24. Е. М. Лавренко, Об изучении эдификаторов растительного покрова. Сов. бот., вып. I, т. XV, 1947.
25. Du Rietz Q. E., Studier over vindriften pa stnöfalt i de skandinaviska fjällen. Bot. Notiser, Lund., 1931.
26. И. Г. Серебряков, Биолого-морфологический и филогенетический анализ жизненных форм покрытосеменных. Уч. зап. Моск. гор. пед. ин-та им. Потемкина. т. XXXVII, вып. 2, 1954.



К. А. КОЗЛОВ

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПОЧВ  
ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

В последние годы многие исследователи стремятся характеризовать биологическую активность почвы активностью почвенных энзимов [1]. Последние представляют собой смесь энзимов различного происхождения: из корней высших растений, из попавших в почву надземных органов растений и остатков животных, пищеварительных остатков и испражнений [2]. Однако основным продуцентом почвенных энзимов являются микроорганизмы.

Существуют две точки зрения на взаимосвязь между активностью ферментов и количеством микроорганизмов в почве. Одни авторы считают, что существует прямая зависимость между этими факторами [3—5], другие указывают на то, что активность почвенных энзимов не отражает плодородия почв [1, 6].

Возможно, что положительные корреляции имеют место не для всех почв и для различных почв показателями плодородия могут быть различные ферменты. Следует учесть и то, что при определении активности почвенных энзимов учитывается, видимо, общая активность ферментных систем живых и мертвых микробов почвы, активность их спор, активность ферментов отмерших растительных и животных остатков, попадающих в почву и, частично, активность ферментов корневых систем растений.

В настоящей работе делается попытка охарактеризовать некоторые почвенные разности Усть-Ордынского Национального округа Иркутской области по их ферментативной активности и сравнить ее с общим количеством микроорганизмов в почве.

**Методика работы**

Определение сахаразы ( $\beta$ -фруктозидазы или инвертазы). 5 г воздушно-сухой, просеянной через 2 мм сито почвы смешивается в колбе Эрленмейера емкостью 100 мл с 3 мл толуола, 30 мл 5-процентной сахаразы и 5 мл буфера, pH которого равняется 5,5; смесь закрывается плотной пробкой, тщательно встряхивается и помещается на 48 часов в термостат при 37°. В течение этого времени несколько раз производится повторное встряхивание. Образовавшийся инвертированный сахар определяется по Бертрану. Цифры, приведенные в табл. 1, представляют собой разность между опытной и контрольной пробой и указывают количество сахара в миллиграммах, образовавшееся за 48 часов в 5 г почвы.

Определение протеолитической активности (желатиназы). 5 г воздушно-сухой, просеянной через 2 мм сито почвы смешивается в колбе Эрленмейера емкостью в 100 мл с 3 мл толуола, 5 мг фосфатного буфера с pH 6 и 25 мл 8-процентной желатины. Смесь закрывается каучуковой пробкой и тщательно встряхивается и помещает-

Таблица 1

**Активность ферментов в некоторых почвах**

Глубина, см	Активность сахаразы—образовалось инвертного сахара, мг	Активность протеазы (желатиназы)—изменение вязкости, сек.	Активность каталазы—кол-во выделившегося кислорода за 5 мин., мл.	pH		Гумус в %	Азот в %
				водный	в р-ре KCl		
Р. 106 — лугово-черноземная осолодевшая почва							
0—10	111,6	20	1,6	5,6	5,2	19,39	1,11
15—20	126,1	25	0,9	5,5	4,9	14,39	0,80
23—33	42	33	0,6	5,7	4,8	7,60	0,45
35—40	56	53	0,2	5,6	4,7	3,68	0,19
Р. 1637 — дерново-лесная темноцветная почва							
0—5	111,6	14	1,45	5,10	4,50	87,44*	1,58
5—10	146,9	23	1,05	4,81	3,81	12,23	0,64
11—19	162,1	40	1,08	4,70	3,50	8,79	0,56
20—30	44,5	45	1,3	4,90	3,67	3,34	0,29
30—40	19,8	48	0,85	5,00	3,70	2,67	0,19
Р. 294 — маломощная торфянисто-глеевая почва							
0—11	163,9	12	2,1	4,6	3,9	82,89*	0,98
11—18	117,3	14	1,05	4,4	4,2	88,58*	1,40
18—24	115,3	18	0,65	4,3	4,0	30,23*	0,82
25—35	49,0	45	0,2	5,1	4,2	1,90	0,08
40—45	22,1	63	0,15	5,1	4,1	2,06	0,07

Примечание: \* Потери при прокаливании.

ся на 48 часов в термостат при 37°. Протеолитическая активность определяется в вискозиметре по изменению вязкости желатины в секундах (с учетом разности между контрольной и опытной пробой) [7].

Определение каталазы. 1 г воздушно-сухой, просеянной через 2 мм сито почвы смешивается в реакционной колбе с 20 мл воды, 0,5 г мела и 5 мл 7-процентной перекисью водорода. Газометрически определяется количество кислорода, выделенного почвой в течение 5 минут [8]\*.

Контрольные определения проводились в тех же образцах почв, предварительно прогретых в течение 1,5 час. в сушильном шкафу при 160—170°, так как известно, что ферменты в сухой почве выдерживают сравнительно высокую температуру [8]. Кроме этого, были сделаны дополнительные контрольные определения.

Следует учесть, что говоря о ферментативной активности почвы, мы имеем в виду активность 5 г воздушно-сухой почвы, так как единицей активности фермента называется активность определенного количества фермента в стандартных условиях. Скорость ферментативных реакций препарата в стандартных условиях. Скорость ферментативных реакций зависит, как известно, от концентрации энзима и субстрата, на который он действует, а также от концентрации продуктов гидролиза. Поэтому сделать расчет на 1 г почвы или на содержание гумуса мы, как и многие другие авторы, не считаем возможным [4].

Общее количество микроорганизмов в почве определялось на «агаризованной» воде высевам мелкозема по методу Новогрудского [10], исходя из того, что на обычных средах (мясо-пептонном агаре, сусло-агаре

\* В определении каталазы и сахаразы приняла участие ст. лаборант Е. П. Любимова.



и других) создаются высокие концентрации питательных веществ, превышающие их содержание в природных растворах [11].

Исследовались следующие образцы взятых с глубины 0—40 см (по горизонтам) почв: лугово-черноземная осолодевшая из-под травянистой растительности, дерново-лесная темноцветная из-под елово-березового леса-зеленомошника и маломощная торфянисто-глеевая из-под ельника-зеленомошника со слабо разложившимся торфянистым горизонтом (до глубины 24 см). Пробы почвы брались в июне — июле.

### Экспериментальные данные

В табл. 1 и на рисунке приводятся данные об активности сахаразы, протеазы и каталазы, а также данные, характеризующие исследованные почвы.\*

Рассматривая данные об активности сахаразы, мы можем отметить, что наибольшей активности она достигает в моховой и лесной подстилке и в перегнойно-аккумулятивном горизонте, а с увеличением глубины постепенно падает.

При сравнении активности сахаразы в различных почвах видно, что последняя уменьшается от торфянисто-глеевой почвы к лугово-черноземной; причем в торфянисто-глеевой почве моховая подстилка (зеленые мхи) обладает наибольшей сахаролитической активностью, так же как и перегнойно-аккумулятивный горизонт в дерново-лесной темноцветной почве.

Переходя к данным, характеризующим протеолитическую активность, мы видим (см. табл. 1 и рис.), что во всех разностях исследованных почв более резко, чем в случае сахаразы, заметны закономерности изменения активности фермента в зависимости от глубины взятия почвенного образца. В торфянисто-глеевой почве подобной активностью обладают только оторфованные горизонты и лесная подстилка (главным образом мхи), тогда как более глубокие слои минеральной почвы (делювиальный суглинок) такой активности не имеют. Однако нужно иметь в виду, что на глубине 25 см почва мерзлая с кристаллами льда.

Наименьшей протеолитической активностью обладают верхние горизонты лугово-черноземной почвы. Дерново-лесная почва в этом отношении занимает промежуточное положение.

При рассмотрении данных табл. 1 и рисунка видно, что протеолитической активностью обладают, главным образом, перегнойно-аккумулятивные горизонты и лесная подстилка.

Наибольшей активностью обладают лесные подстилки — мхи, т. к. здесь сосредоточено большое количество микроорганизмов и мертвых растительных остатков.

Рассматривая каталазную активность, мы видим, что независимо от типа почвы последняя уменьшается с глубиной. Различия в активности каталазы исследуемых почв не закономерны и не соответствуют микробиологическим показателям. Наиболее активна каталаза в верхних (оторфованных) горизонтах торфянисто-глеевой почвы. Причем в нижних горизонтах (ниже 25 см) она сходит почти на нет, что можно объяснить промораживанием почвы.

В дерново-лесной почве каталазная активность верхних горизонтов больше, чем в лугово-черноземной почве, но в целом сравнительно невы-

\* Образцы почв и их характеристика были любезно предоставлены нам ст. научн. сотр. Восточно-Сибирского филиала СО АН СССР Б. В. Надеждиным.

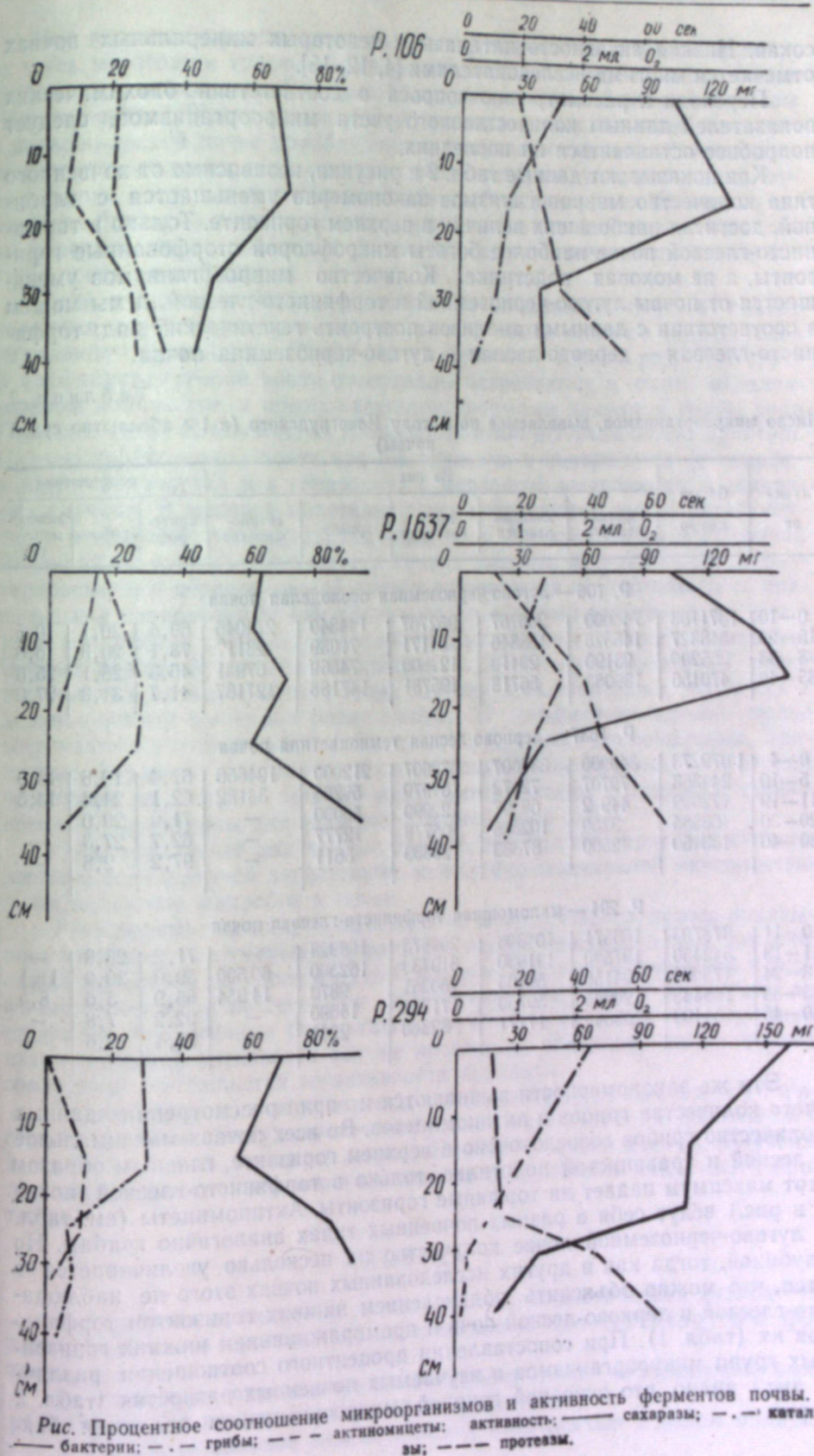


Рис. Процентное соотношение микроорганизмов и активность ферментов почвы. — активность: сахаразы; — — каталазы; — — — — — грибы; — — — — — бактерии; — — — — — протеазы.



сокая. Низкая активность каталазы в некоторых минеральных почвах отмечается многими исследователями [4, 12, 13].

Переходя к рассмотрению вопроса о соответствии биохимических показателей данным количественного учета микроорганизмов, следует подробнее остановиться на последних.

Как показывают данные табл. 2 и рисунка, независимо от почвенного типа количество микроорганизмов закономерно уменьшается с глубиной, достигая наибольших величин в верхнем горизонте. Только в торфянисто-глеевой почве наиболее богаты микрофлорой оторфованные горизонты, а не моховая подстилка. Количество микроорганизмов уменьшается от почвы лугово-черноземной и торфянисто-глеевой, и мы можем в соответствии с данными анализов построить генетический ряд: торфянисто-глеевая — дерново-лесная — лугово-черноземная почва.

Таблица 2

Число микроорганизмов, выявляемое по методу Новоградского (в 1 г абсолютно сухой почвы)

Глубина	Общее кол-во	Из них				% соотношение			
		коротких палочек	длинных палочек	всего бактерий	грибов	актиномицетов	бактерий	грибов	актиномицетов
Р. 106 — лугово-черноземная осолоделая почва									
0—10	1371153	746000	206767	952767	144340	274046	69,4	20,1	10,5
15—20	348327	145325	108846	254171	71039	23117	73,1	20,3	6,6
23—33	265200	93190	29410	122600	74569	67931	46,3	28,1	25,6
35—40	470156	139063	56718	195781	147188	127187	41,7	31,3	27,0
Р. 1637 — дерново-лесная темноцветная почва									
0—4	1 079273	340000	332607	672607	212000	194666	62,4	19,6	18,0
5—10	244363	79707	72272	151979	59205	33182	62,1	24,4	13,5
11—19	172999	4492	68097	122999	50000	—	71,0	29,0	—
20—30	168555	3250	102528	105778	12777	—	62,7	27,3	—
30—40	133150	42500	87339	129839	3611	—	97,2	2,8	—
Р. 294 — маломощная торфянисто-глеевая почва									
0—11	378703	163571	105306	269875	108928	—	71,2	28,8	—
11—18	542430	197500	121930	319430	162500	60 500	59,0	29,9	11,1
18—24	175065	94156	56105	150261	9870	14 954	85,9	5,6	8,5
25—35	186345	120995	50750	171745	14600	—	92,2	7,8	—
40—45	84109	65689	17171	82860	2241	—	97,4	2,6	—

Эти же закономерности выявляются и при рассмотрении данных учета количества грибов и актиномицетов. Во всех почвах максимальное количество грибов сосредоточено в верхнем горизонте, главным образом в лесной и травянистой подстилке, только в торфянисто-глеевой почве этот максимум падает на торфяные горизонты. Актиномицеты (см. табл. 2 и рис.) ведут себя в разных почвенных типах аналогично грибам. Но в лугово-черноземной почве количество их несколько увеличивается с глубиной, тогда как в других исследованных почвах этого не наблюдается, что можно объяснить подкислением нижних горизонтов торфянисто-глеевой и дерново-лесной почв и промораживанием нижних горизонтов их (табл. 1). При сопоставлении процентного соотношения различных групп микроорганизмов в изучаемых почвенных разностях (табл. 2 и рис.) видно, что основной группой микроорганизмов являются бактерии.

Что касается качественных различий микрофлоры изученных почв, то здесь мы можем только наметить некоторые особенности во флоре грибов и актиномицетов. Видовых различий в составе бактерий методом Новоградского [10] нам установить не удалось, за исключением того, что в дерново-лесной почве преобладают в гумусовом горизонте длинные, а не короткие палочки, как это имеет место в двух других почвенных типах. Кроме того, в дерново-лесной почве обнаруживается больше антагонистов бактерий к грибам и актиномицетам, о чем свидетельствуют зоны задержки роста последних. В посевах других почвенных типов мы этого почти не наблюдаем.

Если в лугово-черноземной почве преобладающей формой грибов являются аспергиллы, то в дерново-лесной почве помимо аспергиллов выявляются триходерма (*Trichoderma lignorum*) и виды рода *Fusarium*. В торфянисто-глеевой почве аспергиллы встречаются в очень незначительном количестве, а преобладающими формами являются грибы рода *Fusarium* (типа *F. moniliforme*), *Cephalosporium* и *Trichoderma lignorum*. Причем грибы в этой почве как бы прижаты к поверхности (в оторфованных горизонтах) и в горизонтах с мерзлотой выявляются в единичных случаях. В моховой подстилке здесь встречаются грибы *Trichoderma*, а в торфянистых горизонтах виды рода *Cephalosporium* и *Fusarium*. Различий по горизонтам в других почвах выявить не удалось. В лугово-черноземной и дерново-лесной почвах встречаются актиномицеты со спиральными спораносцами как длинными, со многими завитками, растянутыми или плотно сжатыми, так и короткими с одним — двумя завитками. Особых различий здесь не наблюдается. В лугово-черноземной почве встречаются актиномицеты с более растянутыми завитками, тогда как в дерново-лесной почве они более сжаты. В торфянисто-глеевой почве встречаются актиномицеты почти только с прямыми спораносцами. Единичные формы со спиральными спораносцами выявляются в моховой подстилке на остатках зеленых мхов. Актиномицеты с прямыми спораносцами характерны для торфяно-болотных почв [14].

Сопоставляя все полученные данные, мы должны признать существование определенной зависимости между ферментативной активностью и численностью микробов в почве.

Учет количества микроорганизмов по методу Новоградского показывает закономерное уменьшение их числа как по профилю почвы, так и от одной почвенной разности к другой: от почвы лугово-черноземной к торфянисто-глеевой с постепенным убыванием численности микробов по профилю. Аналогичные результаты получены нами и при исследовании энзиматической активности тех же почвенных образцов; менее точное совпадение наблюдается по активности каталазы.

Таким образом, можно считать, что ферментативная активность почвы, безусловно, отражает степень развития и активности микрофлоры. Наиболее четкие данные получены при сопоставлении численности микробов и активности сахаразы и протеазы.

### Выводы

1. Наиболее достоверная характеристика биологической активности почвы получается на основании определения активности сахаразы и протеазы, а не каталазы.
2. Существует определенная зависимость между численностью микробов в почве и их ферментативной активностью.
3. Наиболее высокой энзиматической активностью в целом облада-



ют лугово-черноземные осолоделые почвы, что соответствует и большей численности микроорганизмов в них.

4. Методом количественного учета, по Новогрудскому, удается выявить количественные различия в микрофлоре исследуемых почв.

5. В исследуемых методом Новогрудского почвах выявляются и качественные различия в микрофлоре. Грибы рода *Aspergillus* приурочены, главным образом, к лугово-черноземной осолоделой почве, а грибы рода *Trichoderma* и *Fusarium* — к дерново-лесной и торфянисто-глеевой почвам.

Актиномицеты со спиральными спораносцами выявляются в дерново-лесной и лугово-черноземной почвах, а с прямыми спораносцами — в торфянисто-глеевой.

Иркутский сельскохозяйственный институт

Поступила в редакцию  
9/VI 1959

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Р. Купревич, Вопросы почвенной энзимологии. Вест. АН СССР, № 4, 1958.
2. Киш и И. Балит, Данные к изучению накопления энзимов в почве. Изв. АН СССР, сер. биол., № 2, 1959.
3. П. А. Власюк, К. М. Добротворская, С. А. Гордиенко, Активность уреазы в ризосфере с.-х. культур. Докл. ВАСХНИЛ, № 8, 1956.
4. Р. С. Кацнельсон и В. В. Егоров, Исследования микрофлоры целинных и окультуренных почв Карельской АССР. II. Биологическая активность почв Карельской АССР. Микробиология, т. 27, вып. 1, 1958.
5. E. Hofmann, Die Enzyme im Boden und ihre Bedeutung für seine Biologie und Fruchtbarkeit. Z. Acker- und Pflanzenbau, Bd. 100, 1955, s. 31—35.
6. Я. Дробник, Изучение биологических превращений органических веществ в почве. Почвоведение, № 12, 1957.
7. Барр, Вискозиметрия. М.—Л., 1938.
8. А. И. Ермаков, В. В. Герасимова, М. И. Смирнова-Иконникова, И. К. Мурри, Методы биохимических исследований растений. Сельхозгиз, 1952.
9. Л. И. Вигоров, Особенности каталазы подзолистой почвы. ДАН СССР, т. 122, № 6, 1958.
10. Д. М. Новогрудский, Новый метод исследования почвенной микрофлоры. Изв. АН СССР, сер. биол., № 6, 1948.
11. Б. В. Громов, О значении концентрации питательной среды при учете количества микроорганизмов в почвах разных типов. Почвоведение, № 2, 1959.
12. А. В. Барановская, Об активности каталазы в некоторых почвах лесной и степной зоны. Почвоведение, № 11, 1954.
13. А. С. Шарова, О биологической активности почв Латвийской, Литовской и Эстонской ССР. Изв. АН Латв. ССР, № 1, 1953.
14. К. А. Козлов, Наблюдения за микрофлорой кислой торфяно-болотной почвы верхового типа при ее известковании. Учен. зап. ЛГУ, № 216, сер. биол. наук, вып. 41, 1956.

В. А. КУЗЬМИН

#### ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВ

В настоящее время установлены закономерности распределения некоторых физических, химических и физико-химических свойств почв по механическим фракциям. Однако отсутствуют данные, характеризующие кислотность различных фракций почв. Нам известно только, что Дайкухара (см. [1]) исследовал кислотность почвенных частиц в пределах от 3 до 0,25 мм. Его опыты показали, что с уменьшением размера частиц увеличивается обменная кислотность. Г. Каппен предполагал, что в более мелких частицах кислотность будет возрастать еще больше, так как носителями ее, по его мнению, являются выветрившиеся силикаты, «которые уже по своему происхождению представляют мельчайшие почвенные частички» [1, стр. 138].

Для определения обменной кислотности во фракциях нами были взяты образцы из трех разрезов дерново-подзолистых почв (разрезы 1816, 1655, 466) и из одного разреза дерново-лесной бурой почвы (разрез 329)\*. После растирания резиновым пестиком в фарфоровой ступке почва просеивалась через сита с диаметрами отверстий 1, 0,5, 0,25, 0,1 и 0,05 мм. Таким образом были выделены фракции >1, 1—0,5, 0,5—0,25, 0,25—0,1, 0,1—0,05 и <0,05 мм. Перед просеиванием каждой последующей фракции почва дополнительно растиралась. Затем в каждой фракции определялась обменная кислотность, а в одном образце для сравнения проведено определение поглощенных Са и Mg. Соотношение почвы к раствору 1N хлористого калия было взято 1 : 2,5.

Как видно из табл. 1, с уменьшением размера частиц в большинстве образцов возрастает обменная кислотность. В такой же последовательности увеличивается содержание обменных Са и Mg в горизонте  $A_1/A_2$  разреза 1655.

Дифференциация в величинах кислотности частиц различного размера более четко видна в подзолистых горизонтах и меньше в иллювиальных. Более того, в двух образцах из горизонта В (разрезы 329, 1816) и в одном из горизонтов С (разрез 329) не наблюдается возрастания кислотности в самой тонкой фракции по сравнению с предшествующей, а наоборот, имеется тенденция к уменьшению ее. Указанное различие объясняется, вероятно, более прочным закреплением мелких частиц, обладающих большей кислотностью, на поверхности скелетных минералов иллювиальных горизонтов, имеющих размер 0,1—0,05 мм.

Этот факт натолкнул нас на мысль о возможном несоответствии размера частиц и величин кислотности. Представляло интерес проследить, как изменяется кислотность в более тонких фракциях. Препятствовало такому исследованию отсутствие подходящего способа дифференцирования почвы на фракции без воздействия воды. Поэтому нам пришлось

\* Разрезы заложены в лесной части верхнего Приангарья.



Таблица 1  
Обменная кислотность различных фракций почв в мг-экв на 100 г

Разрез	Горизонт	Глубина, см	Фракции, мм						Исходная почва
			>1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	<0,05	
1816	A <sub>2</sub>	10-20	0,15	0,30	0,35	0,55	0,75	1,05	0,70
	B	30-40	0,20	0,25	0,55	0,80	0,85	0,55	
1655	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	11-21	—	0,80*		4,80	6,60	7,50	6,85
				1,40	5,00	7,60	9,00		
	A <sub>2</sub>	24-34	0,35	0,50	2,15	3,10	3,80	3,65	
B	40-50	0,50	0,50	1,40	2,25	2,45			
329	B	50-60	—	—	0,65	1,35	2,65	2,55	1,55
	C	70-80	—	—	0,85	2,95	5,45	5,40	
466	A <sub>2</sub>	7-12	—	0,05	0,10	0,10	0,30	0,70	0,65
	B	40-50	—	0,05	0,05	0,10	0,25	0,60	

\* В числителе обменная кислотность, в знаменателе сумма поглощенных Са и Mg.

воспользоваться обычным способом отмучивания частиц после предварительного растирания в тестообразном состоянии.

Определение гидролитической и обменной кислотности, а также суммы поглощенных Са и Mg выполнено в четырех образцах из двух разрезов дерново-подзолистых почв. Из обоих разрезов взяты образцы подзолистого и иллювиального горизонтов.

Одна из почв (разрез 659) сформирована на элюво-делювии верхнекембрийских красноцветных известковистых отложений и вскипает от соляной кислоты с 80 см. По механическому составу она является легкоглинистой; количество обменных Са и Mg в горизонте A<sub>2</sub> (20-30 см) равно 18,9 мг-экв, в горизонте B<sub>1</sub> (32-42 см) — 23,2 мг-экв.

Другая почва (разрез 1655) является тяжелосуглинистой. Сумма обменных Са и Mg в горизонте A<sub>2</sub> равна 9,4 мг-экв, в горизонте B — 17,8 мг-экв. Разрез заложен под березово-лиственничным лесом. Почвообразующей породой служат продукты выветривания песчано-галечниковых юрских отложений.

Диспергирование почвы проводилось по методу, предложенному Р. Х. Айдиняном [2]. После 5-10-минутного растирания постепенно при размешивании добавлялась дистиллированная вода и содержимое переносилось на сито в 0,05 мм. Суспензию с частицами меньше 0,05 мм разделяли отмучиванием, принимая скорости падения частиц по Стоксу. Суспензия с фракцией менее 0,001 мм выпаривалась в фарфоровой чашке на водяной бане. Суспензия с частицами крупнее 0,001 мм также выпаривалась, но только после предварительного отстаивания и сливания сифоном просветленной жидкости.

Обменная кислотность определялась в фильтрате после обработки фракции 1 N раствором KCl при соотношении почвы к раствору 1 : 10. В другой части этого же фильтрата определяли Са + Mg титрованием трилоном Б. При таком же соотношении определялась гидролитическая кислотность в 1 N растворе уксуснокислого натрия.

Для учета влияния воды и нагрева на показатели кислотности последняя определена в исходной почве, в почве после восьмидневного стояния в воде, а затем высушенной при комнатной температуре и, наконец, в образце, который после сливания воды был высушен на водяной бане.

Таким образом, с нерасчлененным почвенным образцом были проделаны те же операции, что и с фракциями различных размеров.

Данные табл. 2 показывают, что в результате обработки почвы водной кислотность ее изменяется. Наблюдается снижение обменной кислотности и возрастание гидролитической. При этом в образцах из разреза 1655 при высушивании почвы на воздухе происходит некоторое увеличение обменной кислотности. Для образцов разреза 659 способ высушивания не влияет на показатели кислотности.

Таблица 2

Обменная и гидролитическая кислотность и поглощенные Са + Mg в образцах исходной почвы, почвы после взаимодействия с водой, высушенной на воздухе и на водяной бане (в мг-экв на 100 г почвы)

Разрез	Горизонт	Обменная кислотность			Гидролитическая кислотность			Поглощенные Са + Mg	
		исходная почва	высуш. на воздухе	высуш. на вод. бане	исходная почва	высуш. на воздухе	высуш. на вод. бане	исходная почва	высуш. на воздухе
1655	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	8,0	9,2	6,4	10,4	18,0	18,0	7,4	8,4
	B	2,0	2,2	1,4	4,4	8,8	8,0	15,8	16,4
659	A <sub>2</sub>	3,8	2,2	2,2	6,4	8,2	8,2	18,8	19,6
	B	2,0	1,2	1,2	1,5	5,4	5,4	26,8	28,0

Образцы, подвергшиеся действию воды, обнаруживают также весьма незначительное повышение обменных Са и Mg.

Обратимся к некоторым литературным данным о влиянии воздействия воды на растворимость различных соединений почвы.

Как показали исследования С. А. Захарова (см. [3]), с увеличением времени воздействия черноземной почвы с водой (до 7 суток) в водной вытяжке возрастает общее количество минеральных веществ, увеличивается количество SiO<sub>2</sub> и щелочность.

В. Г. Дубовым [4] изучен состав водной вытяжки из юрских глин (из окрестностей Иркутска), подвергшихся воздействию воды в течение 18 месяцев. В составе водной вытяжки за это время произошли значительные изменения. Во много раз возросло содержание щелочей, а среди анионов — HCO<sub>3</sub>, но не было обнаружено железа и алюминия. Реакция почвы не изменилась.

В нашем опыте после восьмидневного взаимодействия почвы с водной вытяжкой алюминий и железо в растворе также не обнаруживались, реакция была близка к нейтральной и титровальная кислотность отсутствовала. Несмотря на это, обменная кислотность почвы снизилась. По-видимому, под воздействием биохимических процессов в почве произошли изменения, которые не были зафиксированы применяемыми методами.

Влияние температуры на величину кислотности выяснял Дайкухар (см. [1]). Его опыты показали, что в пределах 100° обменная кислотность несколько изменяется (в одних почвах увеличивается, в других уменьшается).

Таким образом, полученные результаты нужно рассматривать с учетом изложенных выше замечаний.

Из табл. 2 видно, что распределение кислотности по фракциям почвы не подчиняется той закономерности, которая присуща обменным основаниям. Поглощенные основания сосредоточены в основном в самой тонкой фракции, а максимум кислотности как обменной, так и гидролитической приходится, как правило, на фракцию 0,005-0,001 мм. В части-



Таблица 3

Обменная и гидролитическая кислотность и сумма поглощенных Са и Mg в различных фракциях почв (в мг-экв на 100 г)

Разрез	Горизонт	Фракции, м.м						В почве в целом
		<0,02	0,02—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,0005	
Обменная кислотность								
1655	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	0,1	3,0	4,6	3,5	2,4	1,6	8,0
	B	0	0,8	1,2	1,8	0,6	1,5	2,0
659	A <sub>2</sub>	0,15	0,1	1,8	2,4	0,6	1,8	3,8
	B	0	0,7	0,9	1,4	0,1	1,2	2,0
Гидролитическая кислотность								
1655	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	1,2	12,6	14,8	22,8	18,4	12,6	10,4
	B	0,6	3,4	6,0	7,2	8,4	8,4	4,4
659	A <sub>2</sub>	2,4	5,6	6,8	10,0	9,2	6,8	6,4
	B	1,4	3,0	4,0	6,4	5,6	5,2	4,5
Поглощенные Са + Mg								
1655	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	1,2	6,1	8,0	11,0	25,4	не опр.	7,4
	B	1,2	6,1	12,2	19,4	40,3	.	15,8
659	A <sub>2</sub>	4,1	8,4	12,2	20,5	43,2	.	18,8
	B	4,7	12,9	18,7	30,4	52,6	.	26,8

цах крупнее 0,02 м.м обменная кислотность не превышает 0,15 мг-экв, а гидролитическая — 2,4 мг-экв.

Повышенная кислотность фракции мелкой пыли зависит, вероятно, от минералогического состава. Не располагая данными минералогического анализа исследованных образцов, обратимся к литературным источникам.

А. А. Роде [5] устанавливает тесную связь между размерами частиц и их минералогическим и химическим составом, которая зависит от свойств минералов. Минералы с большим содержанием SiO<sub>2</sub>, имеющие высокий показатель прочности, в общем более устойчивы физически, чем минералы с низким содержанием кремнезема. Поэтому в процессе выветривания первая группа подвергается меньшему дроблению и входит преимущественно в более крупные фракции, обогащая их кремнеземом. Минералы с невысоким содержанием кремнезема подвергаются большому выветриванию и входят в состав более мелких фракций, обогащая их полуторными окислами и некоторыми основаниями.

Таким образом, с уменьшением размера частиц уменьшается содержание кварца, полевых шпатов и увеличивается содержание слюд. Количество слюд в образцах из ледниковых наносов Ярославской области возрастает иногда скачкообразно, начиная с частиц размером 0,005, а иногда и с 0,01 м.м. Приведенные А. А. Роде данные Шлюнца для двух образцов глин подтверждают отмеченные выше закономерности: с уменьшением размера частиц увеличивается количество слюд.

На основании сопоставления данных ряда авторов А. А. Роде пришел к выводу, что фракция крупнее 0,005 м.м чаще всего представлена первичными минералами, а в составе фракции меньше 0,002 м.м преобладают вторичные минералы. Следовательно, можно ожидать, что во фракции 0,005—0,002 м.м находятся в равной мере как первичные, так и вторичные минералы.

Этой фракции в изученных нами почвах соответствует наибольшая кислотность. О специфических свойствах фракции 0,005—0,001 м.м гово-

рит уменьшение объемного и частичного удельного веса ее по сравнению с другими фракциями дерново-подзолистых почв, исследованных Е. И. Кочериной [6]. При этом наименьшие величины объемных весов присущи только верхней части профиля (горизонты A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>). По-видимому, в состав этой фракции входят минералы с рыхлой упаковкой или с невысоким удельным весом.

На основании приведенного выше материала можно предполагать, что существует принципиальное различие в природе обменных катионов и так называемой обменной и гидролитической кислотности. Если даже допустить, что при воздействии воды и повышенной температуры произошло снижение кислотности в тонких фракциях, то в тех же условиях величины обменных Са и Mg не подвержены этому воздействию. Следовательно, закрепление в почве водорода или алюминия, вытесняемых раствором нейтральной или гидролитически щелочной соли, осуществляется какими-то иными силами, отличающимися от тех, которыми удерживаются поглощенные основания.

Приуроченность наибольшей кислотности к предилстой фракции дает повод предполагать, что кислотность присуща сильно выветрелым первичным минералам, которые, вероятно, сосредоточены в этой фракции. Эти кислые алюмосиликатные минералы являются неустойчивыми соединениями и при воздействии на них раствора соли перестраивают свою решетку с освобождением алюминия, что и фиксируется как обменная кислотность.

Дальнейшие исследования механических отдельностей с подробным анализом химического и минералогического состава будут способствовать, на наш взгляд, разрешению вопроса о природе почвенной кислотности.

Восточно-Сибирский филиал  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
9/IX 1959

## ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Каппен, Почвенная кислотность. Сельхозгиз, 1934.
2. Р. Х. Айдинян, Выделение почвенных коллоидов без химической обработки. Коллоидный журнал, т. IX, вып. 1, 1947.
3. К. К. Гедройц. Избр. соч., т. 2. Сельхозгиз, 1955.
4. В. Г. Дубов, Результаты длительного действия воды на юрские глины. Тр. Вост.-Сиб. ун-та, т. I, вып. 4, 1940.
5. А. А. Роде, Дисперсность твердой массы почвы, химический и минералогический состав ее и отдельных ее компонентов. Почвоведение, № 2, 1938.
6. Е. И. Кочерина, Некоторые химические и физические свойства отдельных механических фракций дерново-подзолистой почвы. Почвоведение, № 12, 1954.



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

М. В. МАКСАКОВ

ОТКЛЮЧЕНИЕ ИНВЕРТОРА  
СОБСТВЕННЫМ СЕТОЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

В обычной электропередаче постоянного тока нельзя отключить инвертор с помощью его же сеточного управления. Если при работающем инверторе запереть все сетки вентиля, то ток, протекающий через вентили в момент запертия сеток, будет продолжать течь через них, так как его переход на очередные вентили предотвращен. Инвертор «прокидывается».

Для отключения инвертора обычно отключают выпрямитель, воздействуя на сетки его вентиля. В настоящее время отключения выпрямителя с последующим АПВ производят при авариях в линии электропередачи, в инверторе или в сети переменного тока, питаемой инвертором. Такое управление не может считаться вполне удовлетворительным, так как при любых авариях отключается вся передача. Это является основным препятствием к осуществлению ответвлений от линий электропередачи постоянного тока. Действительно, при работе одного выпрямителя на несколько инверторов в случае аварии на одном из них должна отключиться вся электропередача и остальные инверторы должны вынужденно остаться без питания.

Вопрос об ответвлениях от линий постоянного тока поставлен сравнительно давно, но до сего времени удовлетворительно не решен. В настоящее время разрабатывается выключатель постоянного тока высокого напряжения. Это связано, естественно, с большими трудностями, так как он должен прервать ток, не проходящий через нуль, и погасить электромагнитную энергию линии электропередачи.

В статье рассматривается схема инвертора, позволяющая производить отключение с помощью собственного сеточного управления.

Мостовая схема с одноступенчатой искусственной коммутацией (рис. 1) при включении конденсаторов с вторичной стороны трансформатора позволяет производить отключение инвертора с помощью его же сеточного управления [1—3]. Если при нормальной работе инвертора запереть все сетки вентиля, то инвертор отключается, так как конденсаторы не пропускают постоянной составляющей тока.

На рис. 2 показаны кривые токов и напряжений при работе инвертора в установившемся режиме; на рис. 3 — осциллограмма отключения инвертора при его работе в режиме генерирования реактивной мощности ( $\beta = -16^\circ$ ). Осциллограмма показывает, что принципиально схема позволяет отключить инвертор с помощью собственного сеточного управления, но это сопровождается значительными перенапряжениями на конденсаторах. Электромагнитная энергия, запасенная в линии, переходит в энергию электрического поля конденсаторов.

Для практического внедрения такой схемы можно было бы конденсаторы защитить разрядными промежутками с гасящими сопротивлениями. Это, очевидно, независимо от вопроса об отключении, будет выполнено для защиты конденсаторов от перенапряжений, могущих возникнуть при разного рода аварийных переходных процессах.

Однако возможно и иное решение [4]. Можно вначале уменьшить ток инвертора, а затем запереть сетки вентиля. Известно, что уменьшение тока инвертора может быть достигнуто либо уменьшением напряжения выпрямителя электропередачи, либо увеличением противодействующего напряжения инвертора. В обоих случаях это связано с большими трудностями, так как при наличии нескольких инверторов, питающихся от одной выпрямительной установки, воздействие на сетки выпрямителя недопустимо, а быстродействующее регулирование напряжения переменного тока инвертора (то есть противодействующего напряжения) под нагрузкой затруднительно.

Предполагается уменьшение тока инвертора осуществлять независимо от выпрямителя и сети переменного тока. Для этого параллельно с одним из вентиля включается дополнительный вентиль с последовательным сопротивлением (рис. 4). Дополнительный вентиль включается только в одну фазу с одной стороны моста. Если име-

ется несколько последовательно включенных рабочих вентиля, то дополнительный может быть включен параллельно только одному рабочему.

Отключение инвертора будет происходить следующим образом. При нормальной работе инвертора сетка вентиля 7 заперта. В период, когда через вентили 4 и 5 протекает ток, подается отпирающий импульс на вентиль 7 и запирающие импульсы на все остальные. С вентиля 5 ток будет коммутировать на вентиль 7, а дальнейший переход на очередные вентили будет невозможен. Через конденсаторы начнет протекать уменьшенный ток. Инвертор отключится. Электромагнитная энергия, запасенная в линии электропередачи, будет погашена добавочным сопротивлением  $R_{доб}$ . Картина отключения будет аналогична показанной на осциллограмме (см. рис. 3), но с напряжениями на конденсаторах меньшей величины.

Необходимо учесть, что процесс отключения будет таким же при работе инвертора в любом установившемся режиме, в том числе и при генерировании реактивной мощности. Единичная (разовая) коммутация с вентиля 5 на вентиль 7 будет обеспечена нормальным напряжением на конденсаторах предшествующего режима. При необходимости уменьшить ток для последующей длительной работы инвертора необходимо предварительно перевести инвертор в режим естественной коммутации, поскольку при уменьшенном токе коммутация не была бы обеспечена.

Ток, протекающий через инвертор, определяется разностью мгновенных значений приложенного напряжения и противодействующего напряжения инвертора. В период коммутации эта разность больше у анода вентиля, вступающего в работу до момента пересечения кривых измененных фазовых напряжений инвертора (см. рис. 2). При включении добавочного сопротивления уменьшается напряжение постоянного тока, и разность напряжений вступающего в работу анода будет меньше, чем та же разность в предшествующем режиме. В результате этого, в зависимости от величины  $R_{доб}$  ток может перейти снова на вентиль 5 до точки пересечения кривых фазовых напряжений.

Для предотвращения обратного зажигания перед отключением инвертора должно быть предусмотрено увеличение угла опережения зажигания  $\beta$  для вентиля 7 (по сравнению со всеми остальными вентилями). Величина  $\beta$  должна быть определена для конкретных величин  $R_{доб}$ .

Величина добавочного сопротивления, ограничивающего ток, может быть определена из равенства напряжения постоянного тока в конце линии и противодействующего напряжения инвертора

$$U_{g \text{ выпр}} = U_{g \text{ инв}} \quad (1)$$

Напряжение постоянного тока в конце линии определяется соотношением [5]:

$$U_{g \text{ выпр}} = E_{g0g} \left( \cos \alpha - \frac{X_{ag}^* I_g^*}{2} - R_g^* I_g^* \right), \quad (2)$$

где  $E_{g0g}$  — идеальное выпрямленное напряжение выпрямителя,  
 $X_{ag}^*$  — анодная реактивность выпрямителя,  
 $I_g^*$  — постоянный ток линии,  
 $R_g^*$  — активное сопротивление линии,  
 $\alpha$  — угол регулирования.

Так как добавочное сопротивление включается в линию постоянного тока, то напряжение постоянного тока определится следующим выражением:

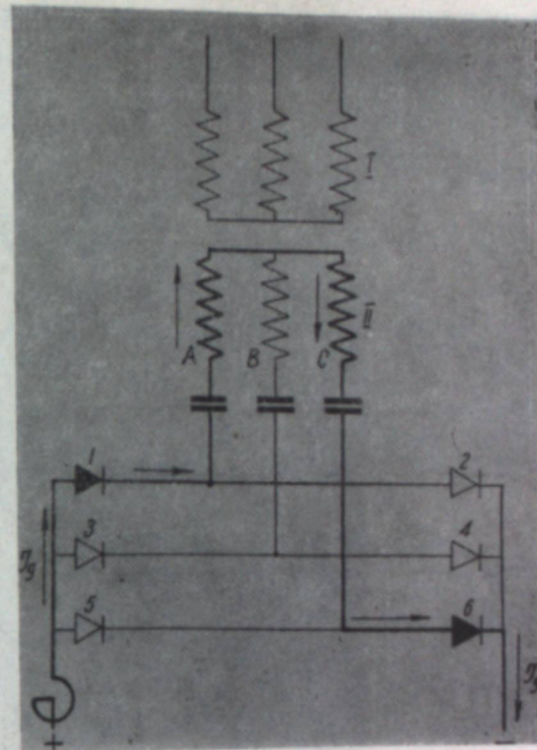


Рис. 1.



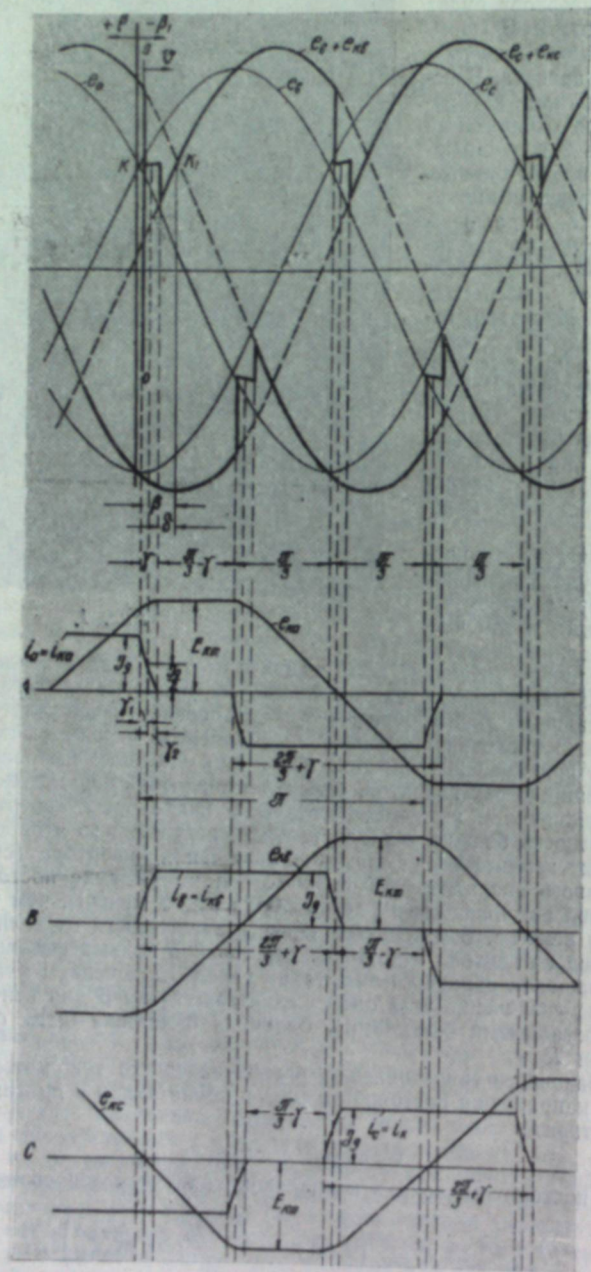


Рис. 2.

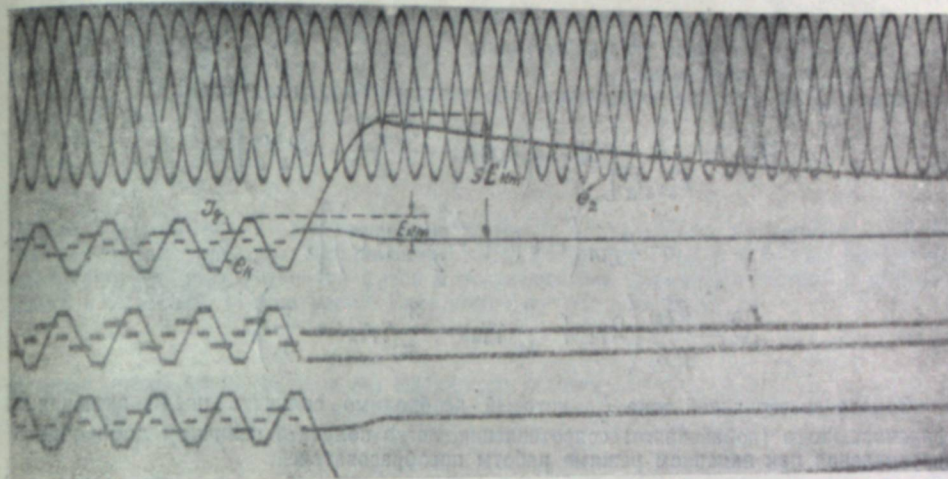


Рис. 3.

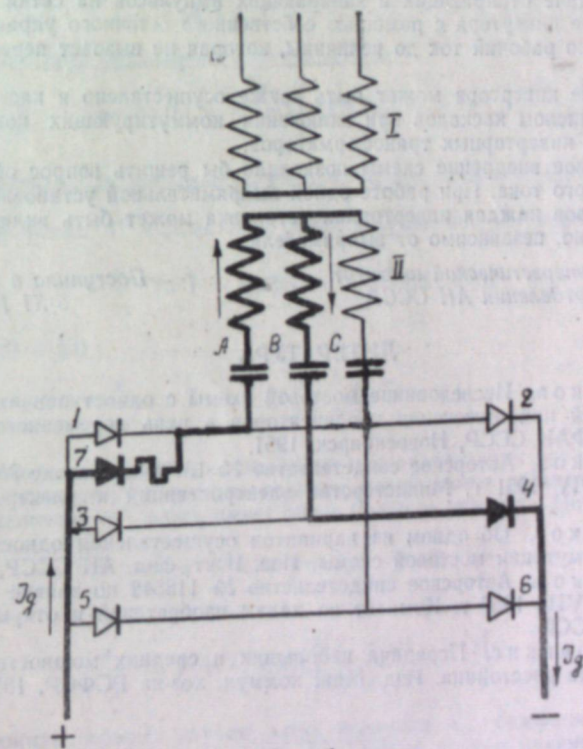


Рис. 4.

$$U_{g \text{ выпр}} = E_{gog} \left( \cos \alpha - \frac{X_{ag}^* I_g^*}{2} - R_g^* I_g^* - R_{\text{доб}}^* I_g^* \right). \quad (3)$$

Противодействующее напряжение инвертора с искусственной коммутацией (см. рис. 2), при допущении прямолинейного изменения фазовых напряжений инвертора на участке  $\gamma + \delta$ , выражается следующей зависимостью [1]:

$$U_{g \text{ инв}} = E_{goi} \left[ \cos \beta + \frac{X_{ai}^* I_g^*}{2} + \frac{E_{km}^*}{\sqrt{3}} \left( 2\gamma_1 + \frac{3}{2\pi} \gamma_2 - \frac{3}{2\pi} \gamma_1 \gamma_2 - \frac{\pi}{6} \right) \right], \quad (4)$$

где  $E_{goi}$  — идеальное противодействующее напряжение инвертора,



$E_{km}^*$  — максимальное значение напряжения на коммутирующих конденсаторах,  
 $\gamma_1, \gamma_2$  — составляющие угла коммутации,  
 $\beta$  — угол опережения.

Из (1, 3, 4) величина добавочного сопротивления будет следующей:

$$R_{доб}^* = \frac{1}{E_{gog} I_g^*} \left[ E_{gog} \left( \cos \alpha - \frac{X_{ag}^* I_g^*}{2} - R_g^* I_g^* \right) - E_{gof} \left( \cos \beta + \frac{X_{af}^* I_g^*}{2} + C \right) \right], \quad (5)$$

$$C = \frac{E_{km}^*}{\sqrt{3}} \left( 2\gamma_1 + \frac{3}{2\pi} \gamma_2 - \frac{3}{\pi} \gamma_1 \gamma_2 - \frac{\pi}{6} \right).$$

Задаваясь величиной тока  $I_g^*$ , который необходимо получить после включения ограничивающего (добавочного) сопротивления, легко получить величину добавочного сопротивления при заданном режиме работы преобразователей.

### Выводы

1. Предлагаемая схема позволяет при четкой работе управления, то есть при своевременной подаче отпирающих и запирающих импульсов на сетки вентилях, произвести отключение инвертора с помощью собственного сеточного управления, ограничивая одновременно рабочий ток до величины, которая не вызовет перенапряжения на конденсаторах.
2. Отключение инвертора может быть также осуществлено в каскадно-мостовых схемах с любым числом каскадов при включении коммутирующих конденсаторов на вторичной стороне инверторных трансформаторов.
3. Практическое внедрение схемы позволило бы решить вопрос об ответвлениях от линий постоянного тока. При работе одной выпрямительной установки на несколько подобных инверторов каждая инверторная установка может быть включена и отключена самостоятельно, независимо от выпрямителя.

Транспортно-энергетический институт  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
6/XI 1959

### ЛИТЕРАТУРА

1. М. М. Максаков, Исследование мостовой схемы с одноступенчатой искусственной коммутацией при включении конденсаторов в цепь переменного тока инвертора. Дисс., ЗСФАН СССР, Новосибирск, 1951.
2. М. М. Максаков, Авторское свидетельство № 13706 по заявке № 4654/428894 с приоритетом 18/IV 1951 г. Министерство электростанций и электропромышленности СССР.
3. М. М. Максаков, Об одном из вариантов осуществления одноступенчатой искусственной коммутации мостовой схемы. Изв. Вост. фил. АН СССР, № 6, 1957.
4. М. М. Максаков, Авторское свидетельство № 118542 по заявке № 585831/24 с приоритетом 24/VIII 1957 г. Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР.
5. Я. М. Червоненкис, Передача небольших и средних мощностей постоянным током на дальние расстояния. Изд. Мин. коммуна. хоз-ва РСФСР, 1957.

А. Н. КИРГИНЦЕВ

### О ПРЕДЕЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПРИМЕСИ ПРИ ЗОННОЙ ПЛАВКЕ

В предыдущей работе\* было показано, что уравнение для распределения примеси по длине слитка после  $n$  проходов имеет вид:

$$x_n = y \left( 1 - \exp\left(-k \frac{l}{b}\right) \left[ 1 + \gamma + \frac{1}{2!} \gamma^2 + \dots + \frac{1}{(n-1)!} \gamma^{n-1} \right] \right),$$

\* А. Н. Киргинцев, ЖФК. 33, (1959).

$$- \lambda^n \left( 1 + \frac{\gamma}{\lambda} + \frac{1}{2!} \left(\frac{\gamma}{\lambda}\right)^2 + \dots + \frac{1}{(n-1)!} \left(\frac{\gamma}{\lambda}\right)^{n-1} \right) \Big], \quad (1)$$

где

$$\gamma_i = k \frac{l}{b} \exp(-k). \quad (2)$$

В этих уравнениях  $x_n$  и  $y$  — количество примеси, приходящееся на единицу длины  $l$  слитка после  $n$  проходов расплавленной зоны,  $b$  — длина зоны,  $\lambda$  и  $k$  — коэффициенты распределения между твердой фазой и расплавом при выражении состава в мольных долях и объемной концентрации. Если плотности фаз одинаковы, то

$$k = \lambda. \quad (3)$$

В приведенном ниже анализе мы используем условие (3).

Найдем распределение примесей по длине слитка при  $n \rightarrow \infty$ . Суммы, входящие в правую часть уравнения 1, в этом случае можно представить так:

$$1 + \gamma + \frac{1}{2!} \gamma^2 + \dots = \exp(\gamma), \quad (4)$$

$$1 + \frac{\gamma}{\lambda} + \frac{1}{2!} \left(\frac{\gamma}{\lambda}\right)^2 + \dots = \exp\left(\frac{\gamma}{\lambda}\right). \quad (5)$$

С учетом этих равенств уравнение (1) упрощается:

$$\frac{x_\infty}{y} = 1 - \exp\left(-\lambda \frac{l}{b}\right) \left[ \exp(\gamma) - \lambda^n \exp\left(\frac{\gamma}{\lambda}\right) \right]. \quad (6)$$

Это и есть уравнение для предельного распределения примесей. Здесь интересны два случая.

1.  $\lambda < 1$  Величина  $\lambda^n$  стремится к нулю, и уравнение (6) упрощается

$$\frac{x_\infty}{y} = 1 - \exp\left(-\lambda \frac{l}{b}\right) \exp(\gamma), \quad (7)$$

а после учета (2) и (3)

$$\frac{x_\infty}{y} = 1 - \exp\left[\lambda \frac{l}{b} (e^{-\lambda} - 1)\right]. \quad (8)$$

Мы видим, что здесь величина  $x_\infty$  стремится к определенному пределу, т. е. при достаточном числе проходов следующие проходы не изменяют распределения примеси.

2.  $\lambda > 1$ . Величина  $\lambda^n$  здесь имеет очень большое значение. Поэтому

$$\frac{x_\infty}{y} = 1 + \lambda^n \exp\left(-\lambda \frac{l}{b}\right) \exp\left(\frac{\gamma}{\lambda}\right) \quad (9)$$

или

$$\frac{x_\infty}{y} = 1 + \lambda^n \exp\left[\frac{l}{b} (e^{-\lambda} - 1)\right]. \quad (10)$$

В противоположность первому случаю здесь величина  $x_\infty$  безгранично возрастает и собственно предельного распределения нет, т. е. любой проход изменяет распределение примеси по длине слитка.

### Выводы

1. Найдено уравнение для распределения примеси при зонной плавке, когда число проходов стремится к бесконечности.
2. Показано, что при  $\lambda < 1$  существует предельное распределение примеси, а при  $\lambda > 1$  предельного распределения нет.

Институт неорганической химии  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
17/VII 1959



Ю. П. ХЛОНОВ, Н. Ф. РЕЙМЕРС

### ПОЧВЕННЫЙ ЗАПАС СЕМЯН И РОЛЬ НЕКОТОРЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ВОЗОБНОВЛЕНИИ ЛИПОВОГО ЛЕСА ГОРНОЙ ШОРИИ

Почвенному запасу семян и роли позвоночных животных в их уничтожении в условиях Западной Сибири посвящены немногие работы, касающиеся хвойных пород [1, 2]. В липовых лесах подобные исследования до сих пор не проводились.

Среди лесоводов нет единого мнения о роли почвенного запаса семян при восстановлении лесов. Одни считают, что почвенный запас семян может играть большую роль ([3, 4] и др.), другие не придают ему значения [2, 5—7].

Осенью 1957 и 1958 гг. нам удалось собрать некоторые материалы по почвенному запасу семян и роли позвоночных животных в жизни горношорской липы.\*

Осенняя фауна млекопитающих и птиц липового острова крайне сходна с комплексом видов, населяющих темнохвойные леса. Как и в кедрово-пихтовых лесах Саян, в липниках осенью держатся сойки и серые дятлы, кочуют ополовники и москвочки. Однако в липовых лесах изученного района, в отличие от темнохвойной тайги, встречаются осенью обыкновенные снегيري (*Pyrrhula pyrrhula pyrrhula* L.)\*\* и сороки. Характерен для темнохвойной тайги и состав мелких млекопитающих, найденных в липниках. Его основу составляют обыкновенная и средняя бурозубки, бурундук, азиатская лесная мышь, лесные полевки и полевка-экономка.

Поскольку речь идет о крайне плохо изученном участке, мы приведем некоторые материалы о добытых нами животных.

Желна (*Dryocopus martius* L.) добыта 9 октября 1957 г. В желудке обнаружены личинки усача (*Monochamus sutor* L., 12 экз.) и златки (*Ancylochira* sp.; 2 экз.)\*\*\*.

Седой дятел (*Picus canus* Gm.) добыт 8 октября 1957 г. В желудке обнаружены гусеницы совок (6 экз.), мухи (бл. не опр.; 10 экз.), усач. (бл. не опр., 1 экз.), хитин куколок бабочек и два паука.

Сорока (*Pica pica* L.) добыта 12 октября 1957 г. В желудке найдены остатки полевки-экономки (*Microtus oeconomus* Pall.).

Обыкновенный снегирь (*Pyrrhula pyrrhula pyrrhula* L.), экземпляр добыт 11 октября 1957 г. В желудке обнаружены семена мыши (*Setaria viridis* L.; 15—20 экз.) и скорлупа семян кедра.

Серый снегирь (*Pyrrhula pyrrhula cineracea* Cab.). Два экземпляра добыты 8 и 11 октября 1957 г. Желудки обеих птиц оказались наполненными семенами пихты, кедра и какого-то травянистого растения, видовую принадлежность которого определить не удалось.

Обыкновенная пищуха (*Certhia familiaris* L.) добыта 8 октября 1957 г. В желудке обнаружены жуки (бл. не опр., 3—5 экз.), комары (2—3 экз.) и муравьи (2—3 экз.).

Обыкновенный поползень (*Sitta europaea* L.), добыто с 8 по 11 октября 1957 г. 5 экземпляров. В желудке найдены гусеницы березовой пяденицы (*Amphidasis betularia* L., от 1 до 7 экз.), семена трав (бл. не опр.; 2 экз.), семена жимолости (3 экз.), клопы (*Euryeta* sp.; 3 экз.), хитин жуков (бл. не опр., 1—3 экз.), листоед (*Cassida* sp.; 1 экз.), двукрылые (бл. не опр.; 10—15 экз.) и др.

Москвочка (*Parus ater* L.). Добыта 11 октября 1957 г. В желудке оказались жуки (бл. не опр.; 1—2 экз.), листоед (щитоноска) (*Cassida* sp.; 2 экз.), долгоносик (бл. не опр.; 1 экз.), комары (бл. не опр.; 1—2 экз.), муравей, паук и гусеница березовой пяденицы (*Amphidasis betularia* L.; 5 экз.).

Пухляк (*Parus atricapillus* L.) добыто с 8 по 11 октября 1957 г. 7 экземпляров. В результате анализа содержимого желудков были найдены гусеницы березовой пяденицы (*Amphidasis betularia* L.; от 1 до 4 экз.), пауки (бл. не опр.), клоп (*Eurydeta* sp.; 1 экз.), хитин жуков (бл. не опр.; 1—3 экз.), комары (бл. не опр.; 7—15 экз.), хальциды (бл. не опр.; 5—7 экз.) и др.

Длиннохвостая синица или ополовник (*Aegithalos caudatus* L.). Два экземпляра добыты 11 и 13 октября 1957 г. У первого из них в желудке обнаружены 6 голых гусениц, хитин жуков и личинок насекомых, видовую принадлежность которых установить не удалось. В желудке второй синицы найдено 4 экземпляра бе-

\* В сборе полевых материалов приняли участие студенты Томск. гос. университета В. П. Жучков и А. К. Коноровский.

\*\* В горной темнохвойной тайге юга Сибири обыкновенные снегيري отсутствуют их заменяет другой подвид — *P. p. cineracea* Gab.

\*\*\* Насекомые определены энтомологами Г. К. Золотаренко и Н. Г. Колодийцем. Сердечно благодарим их за помощь в работе.

резовой пяденицы (*Amphidasis betularia* L.), две голых гусеницы, около 10 комаров-долгоножек, кокон муравья и 10—15 мелких двукрылых.

Обращает на себя внимание полное отсутствие семян липы в желудках всех 22 экземпляров добытых птиц. Такие виды, как поползень, снегирь и дятлы, осенью поедают много семян, но нам удалось обнаружить в их желудках лишь семена хвойных пород и кустарников. Очевидно, несмотря на обилие плодов липы, последние не привлекают таежных птиц.

Значительно большую роль играют семена липы в жизни млекопитающих. В табл. 1 приведены результаты анализа содержимого желудков мышевидных зверьков. Можно отметить важную роль семян липы в питании красной полевки и азиатской лесной мыши. Интересно, что осенью 1957 г. нам не удалось поймать ни одного экземпляра красно-серых полевок, зато обильно ловились красные полевки. Бурундуки в липовых лесах сравнительно редки и малозаметны.

Таблица 1

Доля семян липы в питании мышевидных зверьков

Вид животного	Всего добыто	В том числе (колич. желудков)									
		пустые желудки	семена трав	зеленый корм	неопределенный корм	ягоды	насекомые и животный корм	семена липы			
								всего	100% наполнения желудка	более 50% наполнения желудка	менее 50% наполнения желудка
Обыкновенная бурозубка ( <i>Sorex araneus</i> L.)	21	12	5	—	—	—	5	1	1	—	—
Средняя бурозубка ( <i>Sorex macrorynchus</i> Mill.)	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Плоскочерепная бурозубка ( <i>Sorex vir</i> Gl. All.)	1	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—
Бурундук ( <i>Eutamias sibiricus</i> Laxm.)	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Азиатская лесная мышь ( <i>Apodemus speciosus</i> Temm.)	5	—	—	—	1	1	—	4	4	—	—
Красная полевка ( <i>Clethrionomys rutilus</i> Pall.)	38	11	3	15	7	—	—	19	4	8	7
Красно-серая полевка ( <i>Clethrionomys rufocanus</i> Sund.)	2	—	2	1	1	—	—	—	—	—	—
Полевка-экономка ( <i>Microtus oeconomus</i> Pall.)	6	3	—	1	1	—	—	2(?)	1(?)	—	1(?)

Таким образом, основные расхитители семян липы — мышевидные грызуны. Они могут оказывать наибольшее влияние на почвенный запас семян. Материалы, касающиеся бурозубок, оказались недостаточными, чтобы решить вопрос о роли семян липы в питании этих зверьков. Судя по данным Л. В. Заблочки [8, 9], эти животные предпочитают семена хвойных пород липовым орешкам.

Для выяснения общего влияния позвоночных животных на почвенный запас семян липы мы произвели учеты опавших плодов в августе 1958 г. Всего было заложено 29 площадок по 1 м<sup>2</sup>. Данные, полученные в результате учетов, приведены в табл. 2 (первые три колонки). Длительность сохранения скорлупы липовых орешков не превышает 2—3 года, так как в этом районе наблюдается большое количество тепла и высушает 2—3 года, так как в этом районе наблюдается большое количество тепла и быстро происходит процесс минерализации. Поэтому в ходе подсчета мы встречали плоды липы урожая 1957, 1956, 1955 гг. Как видно из приводимых данных, семена в основном пустые (89%). Крайне незначительное число семян липы гибнет от вредной деятельности мышевидных зверьков (9,4%) и лишь небольшое число (0,7%) сохраняется здоровыми.

Для сравнения в табл. 2 приведены материалы, собранные ранее одним из соавторов и Н. Н. Лащинским в хвойных лесах Сибири [2, 10]. Анализируя данные табл. 2, следует отметить, что липа значительно в меньшей степени страдает от вредной дея-



Таблица 2

Сравнение роли позвоночных животных в липовых и хвойных лесах горной Сибири

Состояние найденных семян	Колич. найденных орешков липы (29 площадок по 1 м <sup>2</sup> , Горная Шория, в среднем на 1 га)			Колич. найденных семян кедра (в среднем на 1 га)				Колич. найденных семян лиственницы (в среднем на 1 га)			
				Хамар-Дабан, Саяны (192 площадки по 0,25 м <sup>2</sup> )		Алтай (80 площадок по 0,25 м <sup>2</sup> )		Алтай (32 площадки по 0,25 м <sup>2</sup> )		Тува (144 площадки по 0,25 м <sup>2</sup> )	
	шт.	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Гнилые, пустые и недоразвитые	1395	481000	89,4	42000	18,0	22900	10,5	778000	44,2	340000	70,0
Здоровые	11	4000	0,7	3700	1,6	14000	6,4	3200	0,2	12500	2,5
Поврежденные мышевидными грызунами и бурозубками	147	52000	9,4	114300	48,9	123300	56,7	372800	21,3	110000	22,5
Поврежденные птицами, белками и бурундуками (расколотые)	—	—	—	73700	31,5	57300	26,4	584800	33,7	15000	3,0
Поврежденные энтомофагами	8	3000	0,5	—	—	—	—	10000	0,6	10000	2,0
Всего найдено семян	1561	540000	100,0	233700	100,0	217500	100,0	1748800	100,0	487500	100,0

тельности мышевидных грызунов, чем кедр и лиственница. Нет сомнения, что полученный нами процент семян, поврежденных млекопитающими, занижен: много плодов грызуны уносят в норы про запас [11]. Однако, как удалось выяснить в результате специально поставленного эксперимента, это число не столь уж велико. В октябре 1957 г. на 15 площадках по 1 м<sup>2</sup> каждая были высеяны орешки липы. Площадки были расположены с таким расчетом, чтобы естественно опадающие орешки не могли на них попасть. На каждой площадке высевалось по 30 орешков. В августе следующего года был произведен подсчет высеванных орешков. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3  
Роль животных в уничтожении семян липы, высеванных на пробных площадках

Состояние найденных семян	Количество найденных семян	
	шт.	в % от количества найденных семян
Гнилые, пустые и недоразвитые	211	63
Здоровые	40	12
Поврежденные мышевидными грызунами и бурозубками	77	23
Поврежденные энтомофагами	7	2
Всего найдено семян на 15 площадках по 1 м <sup>2</sup> (% от числа высеванных семян)	335	74,4
Всего высеяно семян на 15 площадках по 1 м <sup>2</sup>	450	—

Как видно из табл. 3, только около 25% от высеванных орешков не было обнаружено на площадках. Это число включает в себя как случайно затерявшиеся семена, так и те, которые были унесены мышевидными грызунами в норы.

Следует заметить, что в условиях эксперимента мышевидные зверьки уничтожают большее число семян, чем в естественных условиях (соответственно 23 и 9,4%). Такая разница происходит в результате двух обстоятельств. Во-первых, процент в эксперименте вычисляется от числа свежих семян, посеянных в предыдущем году, а в естественных условиях мы находим семена и прежних лет урожая. Во-вторых, искусственно посеянные семена, как правило, скорее расхищаются грызунами, чем естественно опавшие. В связи с первым из перечисленных обстоятельств выше и процент здоровых семян.

Возвращаясь к данным табл. 2, следует отметить, что к осени следующего года, когда созревает новый урожай, практически уже не остается здоровых семян урожая предыдущего года. Отсюда следует вывод, что почвенный запас семян в липняках Кузедеевского района не может играть значительной роли в возобновлении липы после 1—3 лет хранения. За этот период доброкачественных семян остается немного (0,7%), и те обладают низкой жизнеспособностью. Плохая сохраняемость семян объясняется тем, что в данном районе много тепла и влаги и семена быстро гниют.

## Выводы

1. Осенняя орнитофауна горношорских липовых лесов сходна с темнохвойным комплексом видов. Видовой состав млекопитающих также идентичен.
2. Роль позвоночных животных в уничтожении семян липы значительна.
3. Почвенный запас семян липы не имеет значения в возобновлении липы, если семена пролежали в подстилке более 1—2 лет.

Биологический институт  
Сибирского отделения АН СССР

Поступила в редакцию  
25/II 1959

## ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Ножкин, М. Г. Скобелкин, Н. А. Юрре, Естественное возобновление в пихтовых лесах Горной Шории. М.—Л., 1957.
2. Н. Н. Лашинский, Н. Ф. Реймерс, Роль животных в жизни лиственничных и кедровых лесов Алтая. Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 2, 1959.
3. М. Е. Ткаченко, Общее лесоводство. М.—Л., 1952.
4. А. И. Акосков, Концентрированные рубки. В кн. М. Е. Ткаченко «Общее лесоводство». Гослестехиздат, Л., 1939.
5. С. В. Алексеев, А. А. Молчанов. Сплошные рубки на севере. Вологда, 1938.
6. И. С. Мелехов, Концентрированные рубки и лесовозобновление в бассейне Северной Двины. Тр. Арханг. лесотехн. ин-та, т. XIII, 1949.
7. Т. А. Мелехова, П. И. Пастухова, А. А. Корелина, К вопросу о запасах семян в почве. Концентрированные рубки в лесах Севера. Сб. статей, изд. АН СССР, М., 1954.
8. Л. В. Заблочкая, Расхищение семян хвойных и липы землеройками-бурозубками. Бюлл. МОИП, т. LX, вып. 4, сер. биол., 1955.
9. Л. В. Заблочкая, Растаскивание семян хвойных землеройками-бурозубками. Тр. Приокско-Террасного гос. заповедника, т. I, 1957.
10. Н. Ф. Реймерс, Роль млекопитающих и птиц в возобновлении кедровых лесов Прибайкалья. Зоол. журнал, т. XXXV, вып. 4, 1956.
11. И. С. Молукало, Способ заготовки семян липы. Лесное хозяйство, № 7, 1951.



## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

### РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Исследование вопросов промышленного освоения и вовлечения в народнохозяйственный оборот восточных районов СССР и, в частности, Красноярского края имеет большое перспективное значение.

Решению этой задачи и посвящена книга «Край великого будущего», выпущенная в 1959 г. Красноярским книжным издательством.\*

Эта работа, выполненная со знанием существа рассматриваемых вопросов, раскрывает реальные пути развития народного хозяйства края в перспективе 15—20 лет. Она рассчитана на широкий круг читателей, специалисты различных отраслей знаний найдут в ней интересные сведения по истории промышленного развития Красноярского края, познакомятся с динамикой развития отдельных отраслей народного хозяйства за большой промежуток времени. Книга создает представление о будущности промышленного развития края.

Выход в свет книги «Край великого будущего» является как нельзя более своевременным. Раскрывая неисчерпаемые богатства промышленного развития края, она является большим подспорьем для организаций, занимающихся разработкой планов развития народного хозяйства СССР.

Книга состоит из пяти глав и заключения. В первой главе приводятся общие положения промышленного развития Красноярского края. Здесь на основе изучения фактического материала авторы наглядно показали, как изменился промышленный облик этого района страны, начиная с первых дней советской власти до настоящего времени. Нарисовав общую картину развития производительных сил края, авторы в последующих четырех главах рассматривают конкретные пути развития промышленных производств в существующих и вновь формируемых промышленных районах. При этом наиболее полному рассмотрению подвергаются те районы и узлы, где промышленное развитие за рассматриваемый период может осуществляться при более благоприятных условиях, с лучшими технико-экономическими показателями и максимальным выигрышем во времени.

Такой подход к освещению вопросов является совершенно правильным, поскольку значительная часть территории Красноярского края хотя и располагает большими запасами ценных полезных ископаемых, но находится далеко от железных дорог и водных путей сообщения и не может быть всесторонне освоена в рассматриваемом отрезке времени.

Вторая глава книги посвящается рассмотрению вопросов промышленного развития Центрально-Красноярского района, в состав которого авторы включают Красноярский, Канский и Ачинский промышленные узлы. В книге показана роль и значение этого промышленного района в выпуске отдельных видов продукции как в настоящее время, так и в перспективе.

Авторы убедительно обосновывают необходимость широкого развития в рассматриваемом районе энергетики, угольной промышленности, производства алюминия, деревообрабатывающей, химической промышленности и машиностроения.

Значительное место в книге (глава III) отведено характеристике и обоснованию промышленного развития Нижне-Ангарского района. В настоящее время Нижне-Ангарский промышленный район занимает малый удельный вес в выпуске промышленной продукции края, хотя располагает значительными запасами полезных ископаемых. Особую причину, сдерживающую развитие этого района, авторы видят в крайне слабом развитии путей сообщения. С целью устранения этого препятствия в книге приводится схема развития путей сообщения Нижне-Ангарского промышленного района.

\* А. Зубков, Б. Горизонтов. «Край великого будущего» (Развитие промышленных районов Красноярского края). Красноярское книжное изд., 1959 г.

Реализация этой схемы позволит вызвать к жизни и вовлечь в народнохозяйственный оборот колоссальные природные богатства. В результате освоения этого района будет создан и получит мощное развитие ряд отраслей общесоюзного значения.

Развитие железорудной промышленности на базе месторождений Ангаро-Питского бассейна превратит Нижне-Ангарский район в крупный союзный центр по добыче железной руды и производству черных металлов. Промышленное освоение магнетитовых месторождений позволит создать в этом районе производство огнеупоров, значение которых выходит далеко за пределы Красноярского края. Видное место в общем комплексе природных богатств Нижне-Ангарского района займет использование крупных ресурсов талька. Огромные запасы этого полезного ископаемого, высокая качественная характеристика, а также растущая потребность в этом сырье со стороны многих отраслей промышленности выдвигают задачу быстрого освоения месторождений талька.

Кроме того, авторы придают большое значение созданию в этом районе деревообрабатывающей промышленности, цветной металлургии, промышленности строительных материалов, для развития которых имеются большие возможности.

Четвертая глава книги посвящается решению задач, стоящих перед Южно-Красноярским промышленным районом, охватывающим территорию Хакасской автономной области и районы по правобережью Енисея. В этой главе, наряду с предложениями по размещению отдельных видов производства и освоению природных ресурсов Южно-Красноярского района, авторы выдвигают ряд вопросов для дальнейшего изучения и проработки. В частности, следует изучить вопрос о создании черной металлургии в этом районе; интересна постановка вопроса о создании крупного машиностроительного узла в этом районе, что также требует дальнейшего изучения.

В главе «Промышленные узлы Севера» (гл. VI) дается краткая характеристика современного состояния промышленного развития этого района и намечаются некоторые пути по совершенствованию и дальнейшему развитию промышленности в существующих промышленных узлах — Норильском и Игарском. Особого внимания заслуживает выдвигаемый в этой главе книги тезис о строительстве гидроэлектростанции на р. Хантайке, а также рекомендации по улучшению транспортных связей.

В конце книги имеются заключение и выводы, которые являются правильными и не вызывают принципиальных возражений.

Вместе с тем в книге имеются спорные, малодоказанные положения, а также некоторые неточности и противоречивые утверждения.

В частности, на наш взгляд, является спорным утверждение авторов о том, что снабжение топливом Нижне-Ангарского района в перспективе будет осуществляться за счет привоза углей из Назаровского месторождения. Произведенные специальные расчеты подтверждают, что добыча углей на Назаровском месторождении в 1975 г. достигнет своей предельной величины (16 млн. т в год) и не покроет всей потребности Ачинского узла. Для полного удовлетворения потребности самого Ачинского узла потребуются организация добычи углей на других месторождениях. Отсюда топливной базой Нижне-Ангарского района, видимо, будут угли Боготольского месторождения.

Рассматривая перспективы развития промышленности, авторам следовало бы более полно и подробно остановиться на новой технологии отдельных видов производств. В частности, рассматривая вопросы металлургического производства, авторы лишь мимоходом упомянули о производстве кокса из слабоспекающихся местных каменных углей и ничего не сказали о возможностях изготовления металлургического кокса из бурых углей Красноярского края.

Имеются в книге и некоторые неточности. На стр. 101 указывается возможная мощность Черногорских карьеров, с учетом строящегося, — 8,1 млн. т, в то время как по материалам «Центрогипрошахт» эта величина составляет 12 млн. т.

В книге отсутствуют схемы, диаграммы и другой иллюстративный материал. Снабжение книги иллюстрациями придало бы ей большую наглядность и облегчило бы понимание рассматриваемых вопросов. Следует отметить как упущение авторов, что они не дали определение понятия «промышленного района» и «промышленного узла». Необходимость внесения этого определения диктуется подстрочным названием и самим содержанием книги.

Отмеченные недочеты не могут повлиять на общую положительную оценку книги. Учитывая большое значение, которое получит Красноярский край в решении главной экономической задачи, рецензируемая книга сыграет важную роль в перспективном планировании нашей экономики.

Читатель получит книгу, дающую представление о большом будущем Красноярского края.

И. П. Крапчин



## ХРОНИКА

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СИБИРИ

В январе 1960 г. в Новосибирске состоялось очередное заседание объединенного Ученого Совета по биологическим наукам Сибирского отделения АН СССР.

Основное внимание Совета было обращено на обсуждение итогов научно-исследовательской деятельности учреждений Отделения за 1959 г. и перспективного плана развития исследований по биологии в Сибири и на Дальнем Востоке в предстоящие 15—20 лет.

В области биологических наук в 1959 г. исследования проводились в учреждениях: Институте цитологии и генетики, Институте экспериментальной биологии и медицины, Биологическом институте, Центральном Сибирском ботаническом саду (в Новосибирске), в Лаборатории биофизики Института физики (Красноярск), Сахалинском и Бурятском комплексных научно-исследовательских институтах, а также в биологических отделах Восточно-Сибирского, Якутского и Дальневосточного филиалов.

В отчетном году в число учреждений Сибирского отделения АН СССР вошел Институт леса и древесины, образованный на базе Института леса АН СССР, переведенного из Москвы в г. Красноярск.

Научно-исследовательская деятельность институтов, лабораторий и отделов в области биологии развивалась по 4 важнейшим общеакадемическим научным направлениям и 23 проблемам, принятым Президиумом Отделения на 1959 г. Создание Института леса и древесины в Красноярске вызвало появление нового научного направления «Разработка научных основ комплексного использования древесины», требующего энергичных мер развития исследований в области физики и химии древесины.

Что же нового и наиболее интересного дали сибирские биологи в прошедшем году? В Институте цитологии и генетики выполнены важные исследования материальных основ наследственности, раскрывающие действие нуклеаз на клеточные ядра и вирусы. Получены новые данные о структуре и химическом составе хромосом при различных состояниях организма и показан возможный механизм изменения их метаболизма (Р. И. Салганик, И. И. Кикнадзе, Н. Б. Христолюбова).

Закончено исследование аномальных митозов у некоторых растений (И. Д. Романов); установлена чувствительность наследственных структур клеток к малым дозам ионизирующей радиации (Ю. Я. Керкис).

Изучен мутагенный эффект нейтронов, гамма- и рентгеновских лучей и получены мутации ряда растений (неполегающей пшеницы, высокоурожайного ячменя, стойкого против фитофторы картофеля), представляющих интерес для сельского хозяйства Сибири (П. К. Шкварнико). Воздействием колхицина получены тетраплоидные формы 8 селекционных сортов сахарной свеклы, что позволяет развернуть гибридизацию с районированными сортами (Л. Н. Лутков). Разработана новая методика оценки быков по качеству потомства (Н. А. Плохинский).

В Институте физики интенсивно изучалась биофизика эритроцита. В докторской диссертации И. И. Гительсона «Качественный состав красной крови в норме и патологии» и изданной монографии И. И. Гительсона и И. А. Терскова «Эритрограммы как метод клинического исследования красной крови» разработаны методы характеристики эритроцитов и гемоглобина, что имеет большое значение для медицины.

Институт экспериментальной биологии и медицины решил проблемы регенерации соединительной ткани в аспекте склероза и фибриллогенеза и следования кровеносной системы человека и методы хирургического вмешательства на сердце и сосудах. Развитию этих исследований способствовало создание в институте новой аппаратуры, действующей по принципу биоэлектрического уравнения.

Биологические учреждения вложили много труда в изучение природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока — почвы, растительности и животного мира.

Завершено составление почвенных карт западной части Приморья (Г. И. Иванов), отдельных районов Иркутской области (Б. В. Надеждин) и северной части Сахалина (А. В. Мизеров). Интересна с точки зрения познания почвенного покрова монография

О. В. Макеева о дерновых таежных почвах Средней Сибири и работа В. Б. Ильина о каштановых почвах Кулунды.

Значительная работа проделана по изучению растительности. В Биологическом институте составлены карты растительности Новосибирской, Кемеровской областей, Алтайского края и дан анализ кормовой базы Новосибирской области (А. В. Куминова с сотрудниками). Составлены геоботанические карты для отдельных районов Сахалина (А. В. Мизеров), Приморья (Г. С. Куренцова, И. Г. Иванова, Д. П. Воробьев и В. А. Розенберг), Восточной Сибири (Л. И. Номоконов, Г. А. Пешкова, И. В. Фролова). Материалы исследования растительного покрова обобщены в монографиях, подготовленных Ботаническим садом (В. И. Верещагин, К. А. Соболевская, А. И. Якубова), Дальневосточным (Д. П. Воробьев, К. Д. Степанова, Л. Д. Ярошенко) и Якутским филиалами (Л. Н. Тюлина).

Методически ценными представляются исследования Института леса и древесины по оценке лесохозяйственных мероприятий (Г. П. Мотовилов) и прогнозированию пожарной опасности в лесу (Н. П. Курбатский), а также исследования Биологического института по плодоношению древесных пород (Т. П. Некрасова) и лесорастительному районированию Сибири (Г. В. Крылов). Многообещающи исследования по внекорневой подкормке растений совместно с гербицидами, выполненные в этом же институте (В. Ф. Альтергот).

Ценные материалы получены в изучении животного мира. В ряде учреждений завершается изучение в региональном аспекте биологии сибирского шелкопряда, важнейшего вредителя хвойных лесов (Л. А. Ивлиев, А. С. Рожков, Н. Г. Коломиец). Закончено изучение млекопитающих Приморья и Приамурья (Г. Ф. Бромлей), гельминтов промысловых рыб дальневосточных морей (П. Г. Ошмарин), рыб реки Вилюя (Ф. Н. Кириллов), продолжалось изучение кровососущих насекомых (гнуса) (С. Г. Гребельский).

Улучшилось положение с внедрением результатов исследований в сельское хозяйство и медицину.

Объединенный Ученый Совет обсудил также основные направления научной деятельности биологических учреждений Отделения. Внимание биологов в перспективном плане предполагается сосредоточить на разработке проблем, отвечающих грандиозному росту промышленности и сельского хозяйства Сибири.

Нашим ученым предстоит сделать существенный вклад прежде всего в такие разделы биологии, которые тесно связаны с физикой и химией. Работая над проблемой использования атомной энергии в биологии, медицине и сельском хозяйстве и изучением влияния радиоактивных излучений на основы жизненных явлений и наследственность, биологи обязаны постигнуть сущность действия различных доз радиоактивных излучений на организмы, на этой основе определить области использования радиации в сельском хозяйстве, биологии и медицине с целью получения новых, более продуктивных, форм растений, животных и микроорганизмов, а также разработать действенные защитные мероприятия при всех случаях вредных доз излучения.

В Сибирском отделении должны получить широкий размах исследования, направленные на управление природой вирусов, изыскание методов лечения вирусных заболеваний и использование вирусов в сельском хозяйстве. Исследование этого вопроса в Институте цитологии и генетики уже дало интересные обнадеживающие результаты, имеющие значение для практической медицины. Ожидается, что на основе выясненной роли нуклеиновых кислот в размножении, патогенности и изменчивости вирусов удастся разработать принципиально новые пути лечения и профилактики важнейших вирусных заболеваний человека (полиомелит, энцефалит, грипп, корь), животных и растений.

Не менее актуальной проблемой является управление наследственностью и жизнеспособностью растений, животных и микроорганизмов. Биологам предстоит раскрыть участие всех элементов клетки в видоспецифическом типе обмена веществ и синтезе белков и разработать методы направленного изменения наследственности и развития сельскохозяйственных растений, животных и микроорганизмов, создать новые гибриды кукурузы, триплоидные сорта сахарной свеклы и других сельскохозяйственных культур. Видное место должны занять исследования причин патологического размножения клеток с целью разработки новых методов лечения злокачественных опухолей.

Практически только еще начато биохимическое изучение богатых растительных ресурсов Сибири и Дальнего Востока.

Перед биологами стоит задача познать процессы, происходящие в организме культурных и дикорастущих растений, получить биохимические характеристики местных растений, как промышленного сырья, и на этой основе совместно с химиками изыскать пути синтеза новых веществ и усовершенствования ряда производств легкой и пищевой промышленности.

Природные ресурсы Сибири и Дальнего Востока осваиваются очень быстро. Произомерна поэтому проблема сохранения и восстановления этих ресурсов.

Актуальной представляется разработка научных основ рационального использо-



вания почв. Почвы Сибири и Дальнего Востока изучены еще слабо. На территории севернее 55 параллели исследования почти не проводились. В перспективном периоде предстоит закончить составление различных карт почвенных и почвенного районирования, обзорных и для планирования размещения отдельных отраслей сельского хозяйства, дать монографическое описание почвенного покрова по областям и краям, выявить земельные фонды и разработать рекомендации по рациональному их использованию.

Растительность Сибири и Дальнего Востока изучена еще недостаточно. В ближайшие 15 лет необходимо завершить, в основном, территориальное изучение растительности обширного края с составлением соответствующих карт масштаба 1 : 1000000, лесорастительное и лесохозяйственное районирование с монографической характеристикой растительного покрова по зонам и крупным административным единицам территории. При этом особое внимание должно быть уделено изучению биологической продуктивности и методов ее повышения, поискам новых полезных растений. Необходимо разработать научные основы рационального использования лесов и лугов, улучшения кормовых угодий в зоне сельскохозяйственного освоения и пути перевода неиспользуемых земель в активный сельскохозяйственный фонд. Большой интерес представляют исследования по использованию ресурсов болот.

В южных районах Сибири и Дальнего Востока развито земледелие. Здесь освоены миллионы гектаров целинных и залежных земель, созданы новые житницы страны. Но засухи, повторяющиеся периодически, часто не дают возможности выращивать устойчивые высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Не изучена еще специфика питания, роста и развития растений, процессы созревания и зимнего хранения многих продуктов. Перед биологами стоит задача выявить воздействие на растения климатических и почвенных факторов, установить закономерности формирования и отложения продуктов фотосинтеза, на этой основе разработать теорию об отношении растений к экстремальным условиям среды и дать рекомендации по возделыванию культурных растений и обогащению их ассортимента.

Животный мир также является одним из важнейших элементов производительных сил. Многие животные представляют собой ценные объекты промысла или хозяйства, другие же являются вредителями леса, сада или поля. В перспективном плане намечается провести территориальное изучение фауны с монографической характеристикой групп и видов животных, имеющих большое значение в рыбном, сельском, охотничьем и лесном хозяйстве. На основе глубокого изучения экологии важнейших видов вредителей предстоит разработать радикальные меры их истребления. При этом большое место отводится разработке биологического метода борьбы, основанного на использовании энтомофагов (болезнетворных микроорганизмов, паразитов и хищников).

В период построения коммунизма в нашей стране большое значение приобретает разработка перспектив дальнейшего развития дела охраны народного здоровья.

В ближайшее время будет уделено большое внимание изучению гнуса. Кровососущие насекомые и некоторые клещи, называемые в народе гнусом, нападают на людей и мешают работать и отдыхать на открытом воздухе. Нападение гнуса на животных ведет к их истощению и даже к падежу. На основе новейших достижений биологии и технических наук будут разработаны новые методы уничтожения гнуса и надежные средства защиты от него людей и животных.

Освоение новых районов Сибири ставит задачу изучения закономерностей инфекционных процессов и лечения вирусных и риккетсиозных заболеваний, опасных для человека. На этой основе предполагается дать рекомендации по профилактике и лечению таких региональных природно-очаговых заболеваний, как энцефалиты, геморрагические лихорадки и болезнь Боткина.

Медики Сибирского отделения будут работать над проблемой восстановительных и компенсаторных процессов в сердечно-сосудистой системе. Сейчас уже создаются новые методы хирургического лечения болезней сердечно-сосудистой системы, совершенствуются методы физиологического и морфологического исследования, применительно к человеку.

Предстоит развить теорию восстановления и компенсаций функций сердца, что будет ценным вкладом в медицинскую практику и окажет влияние на теорию медицины.

Ввиду большого нарастания сердечно-сосудистых заболеваний и травмирующих факторов внешней среды возникает необходимость управления процессами регенерации различных тканей человека.

Приведенные краткие сведения о работах биологических учреждений Сибирского отделения АН СССР побудил объединенный Ученый Совет высказать пожелание о расширении сети учреждений. В частности, внесено предложение о создании во Владивостоке Дальневосточного биологического института на базе биологических отделов филиала. В Иркутске предполагается создать Институт биохимии и физиологии растений и Байкальский лимнологический институт.

В Красноярске целесообразно создать Институт биохимии.  
В Новосибирске на базе существующего Биологического института предполагается создать три учреждения: Институт зоологии и борьбы с вредителями, Почвенный

институт и Институт ботанических проблем, а также вновь открыть Институт вирусологии и микробиологии.

Большие задачи, стоящие перед нашими биологами, могут быть успешно разрешены лишь при надлежащем творческом содружестве биологических учреждений с научными учреждениями Отделения химического, физико-математического и технического профилей. Уже сейчас эти науки дают биологам новые аналитические приемы и мощные источники воздействия на организм, что предопределяет успешное развитие таких наук, как биохимия, агрохимия, биофизика, микробиология, вирусология, генетика и селекция.

Сибирь вступила в период высокого развития производительных сил и использования природных богатств. В решении этой задачи большое место принадлежит ученым. Необходимо не только ликвидировать упущенное в изучении природы Сибири и Дальнего Востока, но и совершить большой научный задел.

Н. Г. Коломиец



**ПРОВОДИТСЯ ПОДПИСКА**  
на ежемесячный научный журнал  
**ИЗВЕСТИЯ**  
**СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ**

О П Е Ч А Т К И

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
19	3 снизу (в формуле)	$+\frac{6}{c_1 d_1^2} \sum_{m=2}^{\infty}$	$+\frac{6}{c_1 d_1^2} \sum_{m=2}^{\infty}$
61	25 сверху	Ce <sup>VI</sup>	Ce <sup>IV*</sup>
73	27	тетраметилбензол дурол	тетраметилбензол (дурол)
75	18	о-ксилол ⇌ м- -ксилол ⇌ п-ксилол	о - ксилол ⇌ м- -ксилол ⇌ п-ксилол
124	В сноске	*) А. Н. Киргинцев. ЖФК, 33, (1959).	*) А. Н. Киргинцев. ЖФХ, 33 (1959).

**ПОДПИСНАЯ ЦЕНА ЖУРНАЛА**

на 12 месяцев — 84 руб.

на 6 месяцев — 42 руб.

на 3 месяца — 21 руб.

Цена отдельного номера 7 руб.

Подписка принимается всеми отделениями Союзпечати и агентствами связи, а также магазинами «Академкнига».

Отдельные номера журнала могут быть высланы наложенным платежом. Заказы направлять в редакцию журнала (Новосибирск, Советская, 20, комната 428).

Художественный редактор А. А. Федиахметов.  
Технический редактор О. А. Локшина.  
Корректоры: Г. Ф. Приматова, Л. В. Сазоноса.

МН 02177. Подписано к печати 29 апреля 1960 г. Формат бумаги 70×108/16=4,25 бум. л.  
11,64 печ. л., 12,8 + 1 вкл. уч.-изд. л. Тираж 1500 экз. Заказ № 274.

Издательство Сибирского отделения АН СССР, Новосибирск, Советская, 20. Типография № 1  
Полиграфиздата, Новосибирск, Красный проспект, 20. Цена 7 руб.



## **ПРОВОДИТСЯ ПОДПИСКА**

на ежемесячный научный журнал  
Сибирского отделения АН СССР

# **ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА**

В журнале публикуются общие теоретические и методические статьи по всем вопросам геологии и геофизики, результаты региональных исследований геологического и геофизического строения территории Сибири, Дальнего Востока и сопредельных стран Азии, работы по закономерностям распространения полезных ископаемых вообще и на названных территориях в особенности, исследования в области разработки и применения геологических, геофизических, геохимических и других методов познания и выявления полезных ископаемых.

Журнал печатает также материалы критико-библиографического характера.

В журнале имеется отдел хроники, в котором освещаются наиболее важные события в жизни геологических учреждений Сибирского отделения АН СССР.

---

### **ПОДПИСНАЯ ЦЕНА ЖУРНАЛА**

на 12 месяцев — 84 руб.

на 6 месяцев — 42 руб.

на 3 месяца — 21 руб.

Цена отдельного номера 7 руб.

---

Подписка принимается всеми городскими и районными отделами Союзпечати, отделениями и агентствами связи. Журнал можно приобрести также в магазинах «Академкнига».

Отдельные номера журнала могут быть высланы наложенным платежом. Заказы направлять в редакцию журнала (Новосибирск, Советская, 20, комн. 428).